



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS INDEKS KAPABILITAS PROSES
RECOVERY UNIT PUPUK UREA PRODUKSI
PT PETROKIMIA GRESIK**

**SHELI AFIFAH
NRP 1314 030 071**

**Dosen Pembimbing
Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS INDEKS KAPABILITAS PROSES
RECOVERY UNIT PUPUK UREA PRODUKSI
PT PETROKIMIA GRESIK**

**SHELI AFIFAH
NRP 1314 030 071**

**Dosen Pembimbing
Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SS 145561

**ANALYSIS OF INDEX CAPABILITY PROCESS
RECOVERY UNIT FERTILIZER UREA
PRODUCTION OF PT PETROKIMIA GRESIK**

**SHELI AFIFAH
NRP 1314 030 071**

**Supervisor
Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si**

**DEPARTMENT OF STATISTICS OF BUSINESS
FACULTY VOCATIONAL
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES *RECOVERY UNIT*
PUPUK UREA PRODUKSI PT PETROKIMIA GRESIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SHELI AFIFAH
NRP 1314 030 071

SURABAYA, JUNI 2017

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS


Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001

Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir,


Dr. Brodjol Sutjiyo S.U., M.Si
NIP. 19660125 199002 1 001

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

ANALISIS INDEKS KAPABILITAS PROSES RECOVERY UNIT PUPUK UREA PRODUKSI PT PETROKIMIA GRESIK

Nama : Sheli Afifah
NRP : 1314 030 071
Departemen : Statistika Bisnis
Dosen Pembimbing : Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si

Abstrak

Peningkatan kualitas produk merupakan salah satu kunci dalam strategi persaingan bidang industri untuk mempertahankan kredibilitas dan keunggulan suatu perusahaan. PT Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk dimana kualitas produksi pupuk mendapatkan perhatian utama. Pengendalian kualitas di PT Petrokimia Gresik, hanya dilakukan dengan pengecekan komposisi di laboratorium tanpa melakukan pemetaan plot peta kendali, sehingga tidak dapat diketahui dengan jelas apakah ada peningkatan atau penurunan kualitas. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka penelitian berfokus melakukan analisis kapabilitas pupuk yakni pada proses *recovery unit*. Objek penelitian pada penelitian ini adalah karakteristik kualitas pupuk urea yaitu amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) yang saling berkaitan (dependen), oleh karena itu perlu dilakukan analisis statistik secara multivariat dengan menggunakan peta kendali T^2 Hotelling dan *generalized variance*. Hasil analisis memberikan kesimpulan bahwa Jam kerja (*shift*) tidak memberikan pengaruh terhadap konsentrasi amonia, dan karbon dioksida. Pengendalian kualitas pada proses *recovery unit* pupuk urea pada fase 1 dan fase 2 telah terkendali secara statistik, dan proses produksi pupuk urea fase 1 dan fase 2 tidak kapabel karena pada variabel amonia mempunyai akurasi yang rendah.

Kata Kunci : Amonia, *Generalized Variance*, *Kapabilitas Proses*, Karbon Dioksida, *Recovery Unit*, T^2 Hotelling.

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

ANALYSIS OF INDEX CAPABILITY PROCESS RECOVERY UNIT FERTILIZER UREA PRODUCTION OF PT PETROKIMIA GRESIK

Student Name : Sheli Afifah
NRP : 1314 030 071
Departement : Statistics Of Business
Supervisor : Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si

Abstract

Improving product quality is one of the key in competitive strategy industry to maintain credibility and superiority of a company. PT Petrokimia Gresik is a fertilizer producer which is quality of fertilizer production gets major attention. Quality control in PT Petrokimia Gresik, only done by checking the composition in the laboratory without mapping the plot of the control chart, so it can't be clearly known whether there is an increase or decrease quality. Based on these considerations, the research focuses on conducting capability process of fertilizer in the recovery process unit. The object of this research is the quality characteristics of urea fertilizer that is ammonia (NH_3) and carbon dioxide (CO_2) which are interrelated (dependent), therefore it is necessary to do multivariate statistical analysis using control of T^2 Hotelling chart and generalized variance. The results of the analysis conclude that the shift does not affect the ammonia concentration, and carbon dioxide. Quality control of urea fertilizer unit in recovery process of phase 1 and phase 2 has been statistically controlled, and production process of urea fertilizer phase 1 and phase 2 not capable because in ammonia variable has low accuracy.

Keyword: Ammonia, Capability Process, Carbon Dioxide, *Generalized Variance, Recovery Unit, T^2 Hotelling,*

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISIS KAPABILITAS PROSES *RECOVERY UNIT* PUPUK UREA PRODUKSI PT PETROKIMIA GRESIK**”. Penulis sadar bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si selaku dosen pembimbing dan sekretaris Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah bersedia memberikan waktunya, selalu sabar memberikan bimbingan, memberi motivasi serta beberapa informasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M.T selaku dosen penguji dan dosen validator yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini dan Ibu Iis Dewi Ratih S.Si M.Si selaku dosen penguji yang selalu memberikan saran dan kritikan yang membangun Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Wahyu Wibowo S.Si M.Si selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis ITS dan Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku kepala program studi Diploma III Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah membimbing dan memotivasi penulis selama menjadi mahasiswa.
4. Bu Dra. Destri Susila Ningrum M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan nasihat, motivasi, serta bimbingan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
5. Seluruh dosen Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan, beserta seluruh karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah membantu kelancaran dan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan perkuliahan.
6. PT. Petrokimia Gresik khususnya Bapak Mariono yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melaksanakan Tugas Akhir ini.

7. Bapak Stefanus Ardian selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan selama pengambilan data Tugas Akhir.
8. Ayah, Ibu, dan adikku atas segala do'a, dukungan dan motivasi yang selalu diberikan kepada penulis sebagai penyemangat dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
9. Sahabatku se-departemen dan se-perjuangan "*TNK Squad*" Febri, Erly, Fariq, Eka Yulia, dan Harun serta Riski Damar yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis, yang selalu menemani langkah dan mengukir cerita selama perkuliahan.
10. Sahabatku Novin dan Alfian yang telah memberikan segala dukungan dan pembelajaran kehidupan diluar perkuliahan kepada penulis. Sahabat hidup selama di perantauan mbak Dini, Arum, dan Maulida yang telah berjuang bersama dalam perantauan dan selalu memberi motivasi kepada penulis.
11. Teman-teman PIONEER atau DIII Statistika 2014 yang telah berjuang bersama mulai dari masa mahasiswa baru hingga saat ini serta saling memberi motivasi satu sama lain.
12. Warga HIMADATA-ITS terima kasih atas dukungan, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat serta menambah wawasan bagi pembaca. Penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dalam laporan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah (Permasalahan).....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Kapabilitas	7
2.1.1 Pengendalian Kualitas Statistika	7
2.1.2 Uji Independensi.....	8
2.1.3 Peta Kendali T^2 Hotelling	9
2.1.4 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i>	10
2.2 Indeks Kapabilitas Proses.....	13
2.3 Analisis Multivariat.....	13
2.3.1 Distribusi Multivariat Normal	13
2.3.2 Uji Homogenitas.....	15
2.3.3 <i>Multivariate Analysis of Variance</i>	16
2.4 Diagram Ishikawa.....	18
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Variabel Penelitian	23
3.2 Cara Pengambilan Sampel.....	24
3.3 Langkah Analisis.....	25

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Variabel Amonia dan Karbon Dioksida Pada Pupuk Urea.....	31
4.2 Analisis Kapabilitas Proses Fase 1	37
4.2.1 Pengujian Independensi	37
4.2.2 Pengujian Distribusi Normal	38
4.2.3 Analisis Perbedaan Jam Kerja	39
4.2.4 Analisis Pengendalian Kualitas Fase 1	42
4.3 Analisis Kapabilitas Proses Fase 2	44
4.3.1 Analisis Perbedaan Fase	44
4.3.2 Analisis Pengendalian Kualitas Fase 2	46
4.4 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses	48
4.5 Faktor Penyebab Ketidaksesuaian Produksi	52

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

57

LAMPIRAN

59

BIODATA PENULIS

71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Proses Produksi Pupuk Urea	21
Gambar 3.1 Diagram Alir	27
Gambar 4.1 Histogram Karbon Dioksida	31
Gambar 4.2 Histogram Amonia	32
Gambar 4.3 <i>Boxplot</i> Amonia	33
Gambar 4.4 <i>Boxplot</i> Karbon Dioksida	33
Gambar 4.5 <i>Scatterplot</i> Karbon Dioksida dengan Amonia.	34
Gambar 4.6 <i>Scatterplot</i> Uji Multivariat Normal	39
Gambar 4.7 Peta Kendali <i>Generelized Variance</i> Fase 1	43
Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Fase 1	43
Gambar 4.9 Peta Kendali <i>Generelized Variance</i> Fase 2	47
Gambar 4.10 Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Fase 2	48
Gambar 4.11 Kapabilitas Proses Fase 1	51
Gambar 4.12 Kapabilitas Proses Fase 2	52
Gambar 4.13 Diagram Ishikawa	53

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Proyeksi Kebutuhan Pupuk	2
Tabel 2.1 MANOVA One Way	16
Tabel 2.2 Distribusi Wilk's Lambda	17
Tabel 3.1 Batas Spesifikasi Variabel Penelitian	23
Tabel 3.2 Waktu <i>Shift</i> Kerja	23
Tabel 3.3 <i>Struktur Data Pengamatan Peta Kendali</i>	24
Tabel 4.1 Deskripsi Variabel Antar Fase	35
Tabel 4.2 Deskripsi Variabel Antar Shift	35
Tabel 4.3 Uji Independensi	37
Tabel 4.4 Uji Distribusi Normal	38
Tabel 4.5 Uji Homogenitas Varians Shift	40
Tabel 4.6 Tabel MANOVA <i>One Way</i> Terhadap <i>Shift</i>	41
Tabel 4.7 Uji Perbedaan Treatmen Terhadap <i>Shift</i>	41
Tabel 4.8 Uji Homogenitas Varians Fase	45
Tabel 4.9 Uji Perbedaan Fase	46
Tabel 4.10 Indeks Kapabilitas Proses	49

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Proses Recovery Unit Pupuk Urea Produksi PT Petrokimia Gresik Bulan Januari 2017.....	59
Lampiran 2. <i>Output</i> Statistika Deskriptif.....	60
Lampiran 2a. Deskripsi Data Berdasarkan Fase.....	60
Lampiran 2b. Deskripsi Data Berdasarkan shift.....	60
Lampiran 3. <i>Output</i> Uji Independensi	60
Lampiran 4. Macro minitab Uji Distribusi Multivariat Normal	61
Lampiran 5. <i>Output</i> Uji Distribusi Normal Multivariat.....	62
Lampiran 6. Analisis Perbedaan Terhadap Jam Kerja	64
Lampiran 6a. Uji Homogenitas	64
Lampiran 6b Uji Manova	64
Lampiran 7. Uji Homogenitas Terhadap Fase.....	66
Lampiran 8. Bukti Pengambilan Data di PT Petrokimia Gresik	67
Lampiran 9. Surat Pernyataan Kevalidan Data Tugas Akhir.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu ujung tombak pembangunan nasional yang mempunyai peran penting. Upaya mewujudkan pembangunan nasional bidang pertanian masa mendatang, sejauh mungkin mengatasi masalah dan kendala yang sampai saat ini belum mampu diselesaikan secara tuntas sehingga memerlukan perhatian yang lebih serius. Satu hal yang sangat kritis adalah bahwa meningkatnya produksi pertanian atau output selama ini belum disertai dengan meningkatnya pendapatan dan kesejahteraan petani secara signifikan. Petani sebagai unit agribisnis terkecil belum mampu meraih nilai tambah yang rasional sesuai skala usaha tani terpadu (Tjiptoherijanto, 1996). Produksi padi tahun 2015 sebanyak 75,36 juta ton gabah kering giling (GKG) atau mengalami kenaikan sebanyak 4,51 juta ton (6,37 persen) dibandingkan tahun 2014. Kenaikan produksi tersebut terjadi di Pulau Jawa sebanyak 2,31 juta ton dan di luar Pulau Jawa sebanyak 2,21 juta ton. Kenaikan produksi padi terjadi karena kenaikan luas panen seluas 0,32 juta hektar (2,31 persen) dan peningkatan produktivitas sebesar 2,04 kuintal/hektar (3,97 persen) (BPS, 2016).

Menurut (Jatiyanto, 1976) Penggunaan pupuk terutama pupuk buatan merupakan salah satu faktor kunci dalam peningkatan produksi pangan dan pencapaian swasembada beras di Indonesia. Pupuk yang biasa digunakan adalah pupuk tunggal dan pupuk majemuk. Pupuk urea adalah pupuk kimia yang mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (higroskopis) dan mengandung unsur hara N sebesar 46% (Hasibuan, 2006)

Sebagai salah satu perusahaan bergerak dalam bidang produksi pupuk PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan

milik Negara dan produsen pupuk di Indonesia yang memproduksi berbagai macam pupuk, seperti: Urea, ZA, SP-36, Urea, DAP, NPK Kebomas, ZK dan pupuk organik yaitu Petroganik. PT Petrokimia Gresik selain memproduksi pupuk juga memproduksi produk non pupuk seperti Asam Sulfat, Asam fosfat, Amoniak, *Dry Ice*, *Aluminum Flouride*, *cement retarder*, dll. Keberadaan PT Petrokimia Gresik adalah untuk mendukung program pemerintah meningkatkan produksi pertanian nasional.

Tabel 1.1 Proyeksi kebutuhan pupuk (juta ton)

Jenis Pupuk	2015	2020	2025
Pupuk Urea	9,28	9,03	8,94
Pupuk SP-36	4,30	4,02	3,77
Pupuk ZA	1,85	1,99	2,15
NPK	10,92	13,21	20,28
Organik	13,36	14,46	15,69

Sumber : PT Petrokimia Gresik

Pada tiga tahun yang akan datang, pupuk NPK merupakan pupuk bersubsidi yang paling banyak dibutuhkan dibanding pupuk bersubsidi yang lain (pupuk Urea, ZA, SP-36, dan organik) seperti disajikan pada tabel 1.1. Kebutuhan pupuk urea lebih sering tidak terkendali dibandingkan pupuk yang lain dibandingkan ZA dan Sp-36. Sehingga untuk menjamin kualitas produk pupuk urea diperlukan suatu cara yang tepat dalam membuat suatu analisis pengendalian kualitas secara statistik sehingga pupuk yang diterima petani dapat terjamin kualitasnya. Pengendalian kualitas sangat diperlukan dalam memproduksi suatu produk untuk menjaga dan menentukan kualitas produk. Hal tersebut dilakukan dengan usaha untuk menemukan faktor-faktor yang menyebabkan suatu proses produksi yang tidak berjalan dengan baik. Sehingga apabila terjadi gangguan dapat segera dilakukan perbaikan. Proses pengendalian kualitas secara statistik adalah metode dengan menggunakan peta kendali. Peta kendali adalah metode grafik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam batas pengendalian kualitas secara statistik atau tidak, jika proses tidak terkendali metode Pengendalian Kualitas Statistik dapat membantu memberi petunjuk mengapa proses tidak terkendali.

Pada umumnya pengamatan terhadap suatu obyek tidak hanya satu variabel tetapi lebih dari satu, sehingga menghasilkan informasi yang komprehensif. Sehingga pada Pengendalian Kualitas Statistik dimungkinkan menggunakan dua variabel atau lebih (Multivariat). Salah satu peta kendali multivariat yang dapat digunakan dan sesuai dengan karakteristik dari produk pupuk bersubsidi jenis Urea adalah peta kendali T^2 Hotelling, dimana peta kendali ini merupakan peta kendali yang digunakan untuk mengendalikan variabilitas serta vektor rata-rata dari proses multivariat. Apabila hasil produksi telah terkendali secara statistik, dapat dilakukan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui bahwa proses produksi yang berlangsung sudah kapabel atau belum. Kapabilitas proses bertujuan untuk menunjukkan kemampuan suatu proses dalam memenuhi batas spesifikasi yang telah ditetapkan (Montgomery, 2009).

Pada PT. Petrokimia Gresik, dilakukan analisis pengecekan secara deskriptif komposisi di laboratorium tanpa melakukan pemetaan plot peta kendali, dengan analisis menggunakan peta kendali dapat diketahui dengan jelas apakah ada peningkatan atau penurunan kualitas tiap bulannya dan dapat mengetahui proses telah terkendali secara statistik atau tidak sehingga dapat menemukan penyebab suatu proses yang tidak terkendali dan melakukan perbaikan untuk tetap menjaga kualitas produk dan reputasi perusahaan yang telah dipercaya banyak konsumen. Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan di PT. Petrokimia Gresik oleh Alifah Silfi Mufidah (2011) membahas pengendalian kualitas statistik menggunakan peta kendali Generalized Variance dan T^2 Hotelling dengan karakteristik kualitas pupuk phonska antara lain komposisi Air (H_2O), Nitrogen (N), Fosfat (P_2O_5), dan Kalium (K_2O) dengan kesimpulan peta kendali Generalized Variance fase 2 T^2 Hotelling fase 1 dan T^2 Hotelling fase 2 menggunakan nilai kovarian matriks dari data Generalized Variance fase 1 yang telah terkendali sebagai tolak ukur.

Pengendalian kualitas pada peta kendali dilakukan dengan menghilangkan data pengamatan yang out of kontrol hingga didapati peta kendali telah terkendali dalam variabilitas maupun mean proses. Sedangkan dalam penelitian ini pengendalian kualitas statistik menggunakan peta kendali T^2 Hotelling, *Generalized Variance*, dan analisis kapabilitas proses dengan karakteristik kualitas pupuk urea antara lain komposisi amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) serta mengetahui apakah perbedaan *shift* berpengaruh terhadap kualitas pupuk urea.

1.2. Perumusan Masalah

Selama ini pengendalian kualitas di PT. Petrokimia Gresik dilakukan dengan menggunakan statistika deskriptif, belum pernah dilakukan analisis kapabilitas, padahal analisis kapabilitas penting untuk mengetahui dengan jelas apakah ada peningkatan atau penurunan kualitas setiap bulannya dan dapat mengetahui proses telah kapabel atau tidak, oleh karena itu permasalahannya adalah bagaimana analisa kapabilitas proses pembuatan pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik selama periode bulan Januari 2017.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui apakah perbedaan *shift* berpengaruh terhadap kualitas pupuk urea
2. Mengetahui apakah proses produksi pupuk urea periode bulan Januari 2017 telah kapabel?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan adalah proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik pada bulan Januari 2017.
2. Data yang digunakan adalah pada jenis pupuk urea.

1.5 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Untuk memberikan informasi kepada perusahaan terhadap proses *recovery unit* produksi pupuk Urea berlangsung baik atau belum
2. Untuk memberikan informasi bagi perusahaan tentang ada atau tidaknya pengaruh perbedaan *shift* kerja terhadap kualitas pada proses *recovery unit* produksi pupuk Urea

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Kapabilitas

Kapabilitas proses merupakan suatu pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi keseluruhan proses. Jika asumsi peta kendali dalam keadaan terkendali dan presisi serta akurasinya tinggi.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas statistika merupakan suatu metode untuk mengevaluasi kualitas produk hasil produksi dengan menggunakan metode-metode statistik. Salah satu metode statistik yang akan digunakan adalah peta kendali. Terdapat dua jenis karakteristik kualitas, yaitu kualitas variabel dan atribut. Karakteristik kualitas variabel adalah karakteristik kualitas produk dinyatakan dengan besaran yang dapat diukur sedangkan arakteristik kualitas atribut adalah karakteristik kualitas suatu produk yang tidak dapat diukur, tetapi dapat dinyatakan dengan kategori tertentu, yaitu ada dua kemungkinan baik dan buruk, seperti produk cacat atau produk baik

Apabila karakteristik kualitas atribut, maka digunakan peta kendali atribut, tetapi jika karakteristik kualitas variabel digunakan peta kendali variabel. Peta kendali atribut antara lain, peta p, peta np, peta u, dan peta c. Peta kendali variabel ada beberapa macam, jika karakteristik kualitas hanya satu, maka digunakan peta kendali peta $\bar{X} - R$, peta $\bar{X} - S$, dan peta individu, tetapi jika karakteristik kualitas lebih dari satu dengan ukuran subgrup sama dengan satu maka digunakan peta kendali *Generalized Variance* dan T^2 Hotelling untuk mengendalikan vektor *varians* vektor rata-rata (Montgomery, 2009). Peta kendali T^2 Hotelling terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi, yakni berdistribusi multivariat normal dan variabel yang digunakan saling berhubungan (dependen).

2.1.2 Uji Independensi

Menurut Morrison (1990), variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan bersifat saling bebas (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Sehingga untuk menguji kebebasan antar variabel dapat dilakukan dengan uji *Bartlett* dengan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis :

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Variabel Independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Variabel Dependen)

Daerah Penolakan : $\chi_{hitung}^2 \leq \chi_{\alpha; \frac{1}{2}p(p-1)}^2$

Statistik Uji :

$$\chi_{hitung}^2 = - \left\{ n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

p merupakan jumlah karakteristik kualitas, m adalah jumlah subgrup, sedangkan \mathbf{R} adalah matriks korelasi antar variabel yang dinyatakan pada persamaan 2.10

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

$$r_{jk} = \frac{1}{p-1} \sum_{r=1}^p \left(\frac{x_{jr} - \bar{x}_j}{\sqrt{S_{jj}}} \right) \left(\frac{x_{kr} - \bar{x}_k}{\sqrt{S_{kk}}} \right) \quad (2.3)$$

dimana

r_{jk} = Nilai korelasi antar variabel

x_{ijk} = Nilai pengamatan ke- i , karakteristik kualitas ke- j , subgrup ke- k

i = Anggota subgrup ke- i

k = Subgrup ke- k

j = Variabel ke- j

n = Jumlah sampel tiap subgrup

m = Jumlah subgrup

p = Banyaknya variabel

R = Matriks korelasi dari masing-masing variabel

2.1.3 Peta Kendali T^2 Hotelling

Menurut Montgomery (2009) Peta kendali T^2 Hotelling merupakan peta kendali multivariat yang digunakan untuk mengendalikan suatu proses ketika variabel yang diamati lebih dari satu jenis dan saling berhubungan yang memiliki distribusi multivariat normal. Analisis untuk sampel berukuran n , nilai μ dan Σ dari populasi diestimasi dari sampel dengan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{x}_{.jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad (2.4)$$

$$s_{.jk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{.jk})^2 \quad (2.5)$$

Nilai kovarian antara karakteristik kualitas ke- j dan ke- p pada sampel ke- k ditunjukkan pada persamaan

$$s_{jpk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{.jk})(x_{ipk} - \bar{x}_{.pk}) \quad (2.6)$$

Nilai statistik dari rata-rata, varians dan kovarian semua sampel ke- m ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\bar{x}_{.j.} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{x}_{.jk} \quad (2.7)$$

$$\bar{s}_{.j.}^2 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m s_{.jk}^2 \quad (2.8)$$

$$\bar{s}_{.jp} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m s_{jpk} \quad (2.9)$$

Matriks varian kovarians S dari rata-rata sampel berukuran $p \times p$ pada persamaan 2.18.

$$S = \begin{bmatrix} \bar{s}_{.1.}^2 & \bar{s}_{12} & \cdots & \bar{s}_{.1p} \\ & \bar{s}_{.2.}^2 & \cdots & \bar{s}_{.2p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & \bar{s}_{.p}^2 \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Sehingga diperoleh persamaan 2.19 yang merupakan persamaan peta kendali T^2 *Hotelling*.

$$T^2 = n(\bar{\mathbf{x}}_{.jk} - \bar{\bar{\mathbf{x}}}_{.j})' S^{-1} (\bar{\mathbf{x}}_{.jk} - \bar{\bar{\mathbf{x}}}_{.j}) \quad (2.11)$$

Pada analisis menggunakan peta kendali T^2 *Hotelling* terdapat dua tahap. Tahap I digunakan untuk memperoleh pengamatan yang berada dalam batas kendali sehingga batas kendali pada tahap I dapat digunakan untuk tahap II yang digunakan untuk mengontrol produksi dimasa depan berdasarkan data pada periode selanjutnya. Batas kendali untuk peta kendali T^2 *Hotelling* pada tahap I ditunjukkan pada persamaan 2.20.

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn - m - p + 1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (2.12)$$

$$BKB = 0$$

Batas kendali peta T^2 *Hotelling* pada tahap II berdasarkan tahap I ditunjukkan pada persamaan 2.21.

$$BKA = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn - m - p + 1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (2.13)$$

$$BKB = 0$$

dimana

n = Banyaknya sampel tiap subgrup

m = Jumlah subgrup

p = Banyaknya karakteristik kualitas (variabel)

2.1.4 Peta Kendali *Generalized Variance*

Peta kendali *Generalized Variance* merupakan peta kendali yang digunakan untuk pengendalian variabilitas proses. Jika

digunakan pendekatan, Statistik plot yang digunakan pada peta kendali *Generalized Variance* sebagai berikut.

$$W_i = -pn + pn \ln(n) - n \ln(|A_i|/|\Sigma|) + \text{tr}(\Sigma^{-1} A_i) \quad (2.14)$$

Dimana $A_i = (n-1)\mathbf{S}_i$. Variabilitas proses dinyatakan sebagai matriks varian kovarian Σ berukuran $p \times p$. Biasanya matriks varian kovarian Σ ditaksir oleh matriks varian kovarian \mathbf{S} berdasarkan analisis sampel (Montgomery, 2009). Metode untuk peta kendali *Generalized Variance* $|\mathbf{S}|$ adalah menggunakan rata-rata $E(|\mathbf{S}|)$ dan varian $V(|\mathbf{S}|)$ yang mempunyai interval $E(|\mathbf{S}|) \pm 3\sqrt{V(|\mathbf{S}|)}$ dimana,

$$E(|\mathbf{S}|) = b_1 |\Sigma| \quad (2.15)$$

$$V(|\mathbf{S}|) = b_2 |\Sigma|^2 \quad (2.16)$$

Σ merupakan matriks varian kovarian dari populasi dengan

$$b_1 = \frac{1}{(m-1)^p} \prod_{i=1}^p (m-i) \quad (2.17)$$

$$b_2 = \frac{1}{(m-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n-i) \left[\prod_{j=1}^p (m-j+2) - \prod_{j=1}^p (m-j) \right] \quad (2.18)$$

Nilai $|\Sigma|$ dapat ditaksir dengan $|\mathbf{S}|/b_1$ sehingga batas kendali dari peta kendali *generalized variace* dapat ditulis pada persamaan 2.26 dan 2.28.

$$BKA = \left(\frac{|\mathbf{S}|}{b_1} \right) \left(b_1 + 3b_2^{\frac{1}{2}} \right) \quad (2.19)$$

$$GT = b_1 \left(\frac{|\mathbf{S}|}{b_1} \right) = |\mathbf{S}| \quad (2.20)$$

$$BKB = \left(\frac{|\mathbf{S}|}{b_1} \right) \left(b_1 - 3b_2^{\frac{1}{2}} \right) \quad (2.21)$$

Batas kendali bawah akan bernilai nol jika hasil perhitungan yang didapat bernilai negatif. Proses dikatakan tidak terkendali jika plot-plot statistik $|S|$ dari masing-masing subgrup berada di luar batas kendali.

2.2 Indeks Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan suatu pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi keseluruhan proses. Jika asumsi peta kendali dalam keadaan terkendali dan data berdistribusi multivariat normal telah terpenuhi, maka nilai indeks kapabilitas proses (C_p) multivariat berdasarkan Raissi (2009), dapat dihitung menggunakan metode *weighting average*. Berikut adalah persamaan untuk menghitung MPCIs (indeks kapabilitas multivariat).

$$MC_p = \sum_{j=1}^p G_j \times Cp(x_j) \quad (2.22)$$

$$MC_{pk} = \sum_{j=1}^p G_j \times Cpk(x_j) \quad (2.23)$$

Dimana MP_p , MP_{pk} berturut-turut merupakan bentuk P_p , P_{pk} dalam keadaan multivariat dengan G_j merupakan pembobot berdasarkan kepentingan dengan $\sum_{j=1}^p G_j = 1$. Dengan persamaan indeks kapabilitas secara univariat menurut Montgomery (2013) adalah sebagai berikut.

$$C_p = \frac{BSA - BSB}{6\sigma} \quad (2.24)$$

$$C_{PK} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (2.25)$$

$$C_{pu} = \frac{BSA - \mu}{3\sigma} \quad (2.26)$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - BSB}{3\sigma} \quad (2.27)$$

dimana BSA adalah batas spesifikasi atas, sedangkan BSB adalah batas spesifikasi bawah.

Indeks kapabilitas proses dilihat dari nilai C_p yang diperoleh dengan keterangan sebagai berikut (Kotz & Johnson, 1993).

- Jika $C_p = 1$ maka proses dalam keadaan cukup baik
- Jika $C_p > 1$ maka proses dalam keadaan baik (presisi baik)
- Jika $C_p < 1$ maka sebaran data pengamatan berada diluar batas spesifikasi

2.3 Analisis Multivariat

Menurut Johnson dan Wichern (2007), analisis multivariat merupakan analisis statistika pada data yang terdiri dari banyak variabel dan antar variabel saling berhubungan. Konsep dasar dari analisis multivariat adalah variabel-variabelnya harus berkorelasi dan data berdistribusi multivariat normal. Asumsi yang harus dipenuhi pada analisis multivariat akan dijelaskan sebagai berikut.

2.3.1 Distribusi Multivariat Normal

Distribusi multivariat normal merupakan perluasan dari distribusi univariat normal dengan jumlah variabel yang lebih dari satu. Distribusi ini digunakan pada sekelompok data yang memiliki hubungan. Apabila terdapat sejumlah p variabel yang dinyatakan dalam bentuk vektor $\mathbf{X}' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$. Nilai variabel acak dapat disajikan dalam bentuk matriks data $\mathbf{x}' = [\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_p]$. Pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat dilakukan dengan cara membuat $q-q$ plot dengan hipotesis:

H_0 : Data mengikuti distribusi multivariat normal

H_1 : Data tidak mengikuti distribusi multivariat normal

Daerah Kritis : H_0 ditolak, jika $d_{jk}^2 \leq \chi_{p, ((n-j+0.5)/n)}^2$ sebanyak kurang dari 50% dari jumlah sampel pengamatan

Statistik Uji :

$$d_{jk}^2 = (\mathbf{x}_{ijk} - \bar{\bar{\mathbf{x}}}_{.j.})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_{ijk} - \bar{\bar{\mathbf{x}}}_{.j.}) \quad (2.28)$$

dimana

d_{jk}^2 = jarak tergeneralisasi untuk pengamatan ke- jk

\mathbf{x}_{ijk} = vektor objek pengamatan ke- ijk

$\bar{\mathbf{x}}_{.j.}$ = merupakan vektor rata-rata

\mathbf{S}^{-1} = merupakan invers matrik varian kovarian $\mathbf{S}_{p \times p}$ yang terdapat pada persamaan 2.2

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_1^2 & s_{12} & s_{13} & \dots & s_{1p} \\ & s_2^2 & s_{23} & \dots & s_{2p} \\ & & s_3^2 & & \vdots \\ & & & \ddots & s_p^2 \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

dimana :

\mathbf{x}_{ijk} = Vektor sampel ke- i , karakteristik kualitas ke- j dan subgrup ke- k

i = 1,2,...,n dan n adalah jumlah sampel tiap subgrup

j = 1,2,...,p dan p adalah jumlah karakteristik kualitas

k = 1,2,...,m dan m adalah jumlah subgrup

Distribusi multivariat normal, dapat dilihat menggunakan grafik dari q-q plot dengan langkah-langkah pembuatan sebagai berikut.

1. Menghitung jarak tergeneralisasi yang dikuadratkan atau disebut d_{jk}^2
2. Mengurutkan d_{jk}^2 dari terkecil hingga terbesar
3. Mengurutkan nilai q, dimana nilai q diperoleh dari persamaan (2.3) sebagai berikut.

$$q = \chi_{p;((n-j+0.5)/n)}^2 \quad (2.30)$$

4. Membuat *scatterplot* antara d_{jk}^2 dan q
5. Data akan mengikuti distribusi multivariat apabila pada q-q plot membentuk suatu garis lurus dan nilai-nilai dari d_{jk}^2 yang kurang dari nilai $\chi_{p;((n-j+0.5)/n)}^2$ sebanyak kurang dari 50% dari jumlah sampel pengamatan (Johnson dan Wichern, 2007) .

2.3.2 Uji Homogenitas

Homogenitas berarti bahwa varians dari error bersifat konstan (tetap) atau disebut juga identik. Asumsi homogenitas didasarkan pada hubungan dependensi antar variabel. Asumsi ini menyatakan variabel dependen memiliki variansi yang sama sepanjang nilai variabel dependen. Pada uji homogenitas matriks varian-kovarian ini digunakan untuk melihat homogenitas dari antar variabel. Beberapa analisa statistika membutuhkan syarat matriks varian-kovarian yang homogen. Untuk menguji syarat ini dapat dipergunakan statistik uji Box's-M. Pengujian menggunakan Box's-M merupakan pengujian homogenitas secara multivariat (Johnson dan Wichern, 2007).

$$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_g$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \Sigma_i \neq \Sigma_g, \text{ dimana } i=1,2,\dots,g$$

Daerah Penolakan : H_0 ditolak pada nilai $C > \chi^2_{p(p+1)(g-1)/2, \alpha}$

Statistik Uji :

$$C = (1-u)M = \left(1 - u \left[\sum_{k=1}^g (n_k - 1) \ln |\mathbf{S}_{pooled}| - \sum_{k=1}^g [(n_k - 1) \ln |\mathbf{S}_k|] \right] \right) \quad (2.31)$$

Dimana,

$$\mathbf{S}_{pooled} = \frac{1}{\sum_{k=1}^g (n_k - 1)} \{ (n_1 - 1)\mathbf{S}_1 + (n_2 - 1)\mathbf{S}_2 + \dots + (n_g - 1)\mathbf{S}_g \} \quad (2.32)$$

$$u = \left[\sum_{k=1}^g \frac{1}{(n_k - 1)} - \frac{1}{\sum_{k=1}^g (n_k - 1)} \right] \left[\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(g-1)} \right] \quad (2.33)$$

Keterangan:

g = banyaknya subgrup

p = banyaknya variabel (karakteristik kualitas)

\mathbf{S}_k = Matriks varians kovarians kelompok individu ke- k

n_k = Jumlah pengamatan kelompok individu ke- k

2.3.3 *Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)*

Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) adalah teknik analisis yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari dua populasi atau lebih dalam kasus multivariat random sampel yang diperoleh dari g populasi (Johnson dan Wichern, 2007). Sebelum melakukan pengujian, terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi sebagai berikut.

1. $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1ni}$, ($i = 1, 2, \dots, g$) adalah sampel acak berukuran n_i dari suatu populasi dengan rata-rata μ_i . Sampel acak berasal dari populasi yang independen
2. Masing-masing populasi berdistribusi Multivariat Normal.
3. Mempunyai varian yang homogen

Model *One Way MANOVA*:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n_i \quad (2.34)$$

$$i = 1, 2, \dots, g$$

dimana :

e_{ij} : variabel berdistribusi normal independen

μ : rata-rata umum

τ_i : perlakuan atau *treatment* ke i dengan $\sum_{i=1}^g n_i \tau_i = 0$

Tabel MANOVA *One Way* :

Tabel 2.1 MANOVA *One Way*

Sumber Variasi	Derajat Bebas	SS dan <i>Cross Product</i>
Treatment	$g - 1$	$B = \sum_{i=1}^q n_i (\bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..})(\bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..})'$
Residual	$\sum_{i=1}^q n_i - g$	$W = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_{i.})(x_{ij} - \bar{x}_{i.})'$
Total	$\sum_{i=1}^q n_i - 1$	$B + W = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_{..})(x_{ij} - \bar{x}_{..})'$

dimana :

g = treatment

W = matrik sum square of residual

B = matrik sum square of treatment

n_i = banyaknya baris pada masing-masing pengamatan

Berikut pengujian hipotesis terhadap treatment :

Hipotesis :

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \tau_i \neq 0 \quad ; i = 1, 2, \dots, g$$

Statistik Uji :

Distribusi Λ^* (Distribusi Wilks) dapat didekati dengan menggunakan distribusi F, dengan memenuhi beberapa kriteria berikut:

Tabel 2.2 Distribusi Wilk's Lambda

Jumlah variabel	Jumlah grup	Distribusi sampling
$p = 1$	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum n_j - g}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \approx F_{g-1, \sum n_j - g}$
$p = 2$	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum n_j - g - 1}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right) \approx F_{2(g-1), 2(\sum n_j - g - 1)}$
$p \geq 1$	$g = 2$	$\left(\frac{\sum n_j - p - 1}{p} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \approx F_{p, \sum n_j - p - 1}$
$p \geq 1$	$g = 3$	$\left(\frac{\sum n_j - p - 2}{p} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right) \approx F_{2p, 2(\sum n_j - p - 2)}$

$$\text{dimana } \Lambda^* = \frac{|W|}{|B + W|}$$

Daerah Kritis :

Tolak H_0 jika $X^2_{hitung} > X^2_{p(g-1)(\alpha)}$

Kesimpulan :

Jika tolak H_0 berarti paling tidak ada satu *treatment* yang tidak memiliki karakteristik yang sama.

Jika asumsi pada homogenitas tidak terpenuhi analisis perbedaan *treatmen* dapat dilakukan dengan menggunakan uji T^2 dengan hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_1 : \text{minimal ada satu } \mu_i \neq 0 ; i=1, 2, \dots, g$

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $T^2 > \chi^2_{(\alpha, p)}$

Statistik Uji :

$$T^2 = [\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2]' \left[\frac{1}{n_1} \mathbf{S}_1 + \frac{1}{n_2} \mathbf{S}_2 \right]^{-1} [\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2] \quad (2.35)$$

dimana

$\bar{\mathbf{x}}_1$ = matriks rata-rata pada *treatmen* ke-1

$\bar{\mathbf{x}}_2$ = matriks rata-rata pada *treatmen* ke-2

\mathbf{S}_1 = matriks varians kovarians *treatmen* ke-1

\mathbf{S}_2 = matriks varians kovarians *treatmen* ke-2

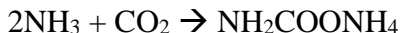
(Johnson dan Wichern, 2007).

2.4 Diagram Ishikawa

Diagram sebab akibat merupakan salah satu dari tujuh alat dalam pengendalian kualitas statistika yang mempunyai nama lain diagram *ishikawa* atau tulang ikan (*fishbone*). Diagram sebab akibat adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara masalah (akibat) dengan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya untuk mengetahui penyebab terbesar dari masalah tersebut. Manfaat diagram sebab akibat adalah mengantisipasi dan mengidentifikasi masalah. Penyebab terjadinya masalah yaitu 4M+E atau 4M+L yaitu mesin, metode, manusia, material, dan lingkungan (Heizer, 2008).

2.5 Pupuk Urea

Pupuk urea merupakan pupuk anorganik tunggal berkadungan unsur N (nitrogen) tinggi dengan hasil reaksi kimia berikut :

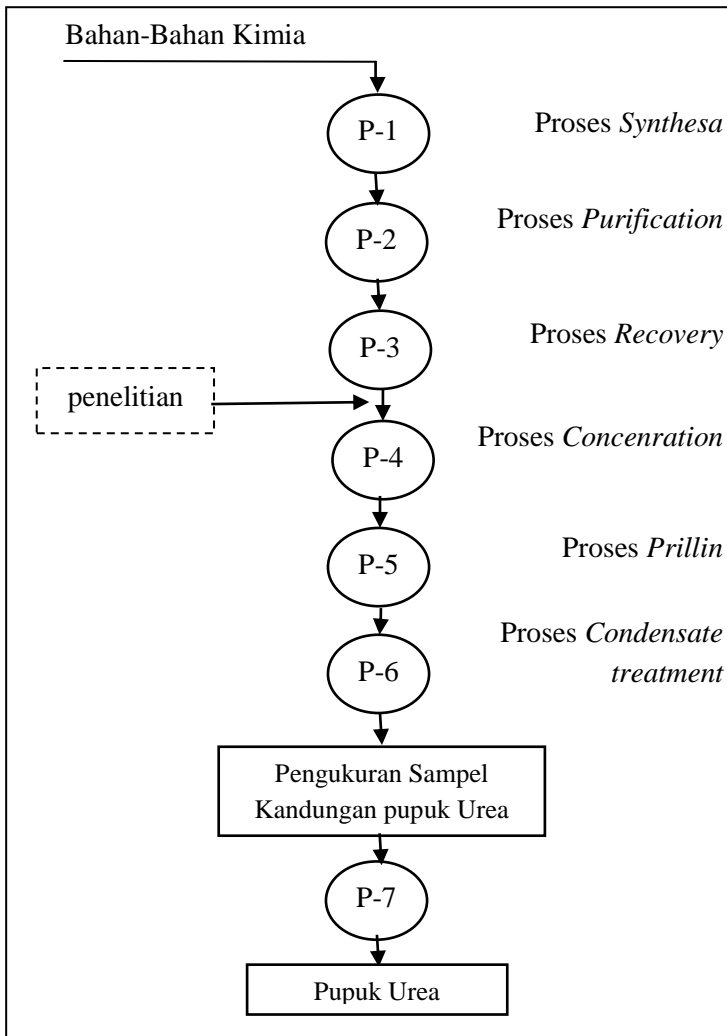


dimana variabel amonia dan karbon dioksida saling berhubungan, ketika konsentrasi amonia bertambah besar maka kadar karbon dioksida juga bertambah besar. Sifat-sifat yang ada pada pupuk urea mudah larut dalam air, larutan dalam air terhidrolisa secara lambat menjadi ammonium carbamate yang selanjutnya akan menjadi amonia dan karbon dioksida. Jadi pupuk urea merupakan pupuk sintetis dari senyawa anorganik yang diproduksi oleh pabrik menggunakan bahan-bahan kimia berkadarnya nitrogen (N) tinggi (Sumber : PT Petrokimia Gresik). Proses produksi yang berlangsung pada pupuk Urea di PT. Petrokimia Gresik adalah sebagai berikut :

- a. Proses *Synthesa* merupakan bagian terpenting dari pabrik Urea, untuk mensintesa dengan mereaksikan Liquid NH_3 dan gas CO_2 didalam Urea Reaktor dan kedalam reaktor ini dimasukkan juga larutan Recycle karbamat yang berasal dari bagian Recovery. Hasil Sintesa Urea dikirim ke bagian Purifikasi untuk dipisahkan Ammonium Karbamat dan kelebihan amonianya setelah dilakukan Stripping oleh CO_2
- b. Proses *Purifikasi* merupakan bagian Amonium Karbamat yang tidak terkonversi dan kelebihan Ammonia di Unit Sintesa diuraikan dan dipisahkan dengan cara penurunan tekanan dan pemanasan dengan 2 step penurunan tekanan. Hasil peruraian berupa gas CO_2 dan NH_3 dikirim ke bagian recovery, sedangkan larutan Ureanya dikirim ke bagian Kristaliser.
- c. Proses *Recovery* Gas Ammonia dan Gas CO_2 yang dipisahkan dibagian Purifikasi diambil kembali dengan 2 Step absorpsi dengan menggunakan Mother Liquor sebagai absorben, kemudian direcycle kembali ke bagian Sintesa.

- d. Proses *Concenration* dimana Larutan Urea dari unit Purifikasi dikristalkan di bagian ini secara vacum, kemudian kristal Ureanya dipisahkan di Centrifuge. Panas yang diperlukan untuk menguapkan air diambil dari panas Sensibel Larutan Urea, maupun panas kristalisasi Urea dan panas yang diambil dari sirkulasi Urea Slurry ke HP Absorber dari Recovery.
- e. Proses *prilling* merupakan pengkristalan Urea keluaran Centrifuge dikeringkan sampai menjadi 99,8 % berat dengan udara panas, kemudian dikirimkan ke bagian atas prilling tower untuk dilelehkan dan didistribusikan merata ke distributor, dan dari distributor dijatuhkan kebawah sambil didinginkan oleh udara dari bawah dan menghasilkan produk Urea butiran (prill). Produk Urea dikirim ke Bulk Storage dengan Belt Conveyor.
- f. Proses *Condensate Treatmen* dimana Uap air yang menguap dan terpisahkan di bagian Kristalliser didinginkan dan dikondensasikan. Sejumlah kecil Urea, NH_3 dan CO_2 ikut kondensat kemudian diolah dan dipisahkan di Stripper dan Hydroliser. Gas CO_2 dan gas NH_3 nya dikirim kembali ke bagian purifikasi untuk direcover. Sedang air kondensatnya dikirim ke Utilitas

Untuk lebih jelasnya langkah-langkah tersebut dijelaskan pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Proses Produksi Pupuk Urea

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian mengenai karakteristik kualitas proses *recovery unit* produk pupuk Urea di PT. Petrokimia Gresik yakni sebanyak 2 variabel yang meliputi amonia (NH₃) dan karbon dioksida (CO₂) pada proses *Recovery Unit*. Variabel-variabel tersebut dilihat dari ikatan senyawa kimianya saling berkaitan satu sama lain, sehingga pengujian dilakukan menggunakan analisis *multivariate*. Rumus kimia pada pupuk urea adalah $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{COONH}_4$, dimana ketika untuk membentuk suatu pupuk urea jika konsentrasi amonia tinggi maka kadar karbon dioksida juga tinggi. Variabel-variabel tersebut dianalisis kadar komposisinya harus sesuai dengan batas spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan agar dihasilkan pupuk urea yang sesuai disajikan di tabel 3.1

Tabel 3.1 Batas Spesifikasi Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Batas Spesifikasi	Satuan
X ₁	Amonia (NH ₃)	36,62 s/d 41,62	%
X ₂	Karbon Dioksida (CO ₂)	39,82 s/d 44,82	%

Variabel uji perbedaan *shift*, dengan waktu *shift* kerja telah disajikan di tabel 3.2

Tabel 3.2 Waktu *shift* kerja

<i>Shift</i>	Waktu
<i>Shift 1</i>	07.00 s/d 14.00 WIB
<i>Shift 2</i>	15.00 s/d 22.00 WIB
<i>Shift 3</i>	23.00 s/d 06.00 WIB

3.2 Cara Pengambilan Sampel

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yakni, karakteristik kualitas hasil produksi pupuk urea PT. Petrokimia Gresik pada bulan Januari 2017 yang dibuktikan pada bukti pengambilan data pada Lampiran 8 dan surat pernyataan kevalidan data pada Lampiran 9. Karakteristik kualitas yang diambil dalam penelitian ini adalah komposisi amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) dimana kedua variabel ini memiliki keterkaitan satu sama lain (dependen) dengan fase 1 pada minggu ke-1 dan minggu ke-2, sedangkan fase 2 pada minggu ke-3 dan minggu ke-4.

Subgrup yang digunakan adalah *shift* produksi karena setiap *shift* yang dihasilkan diasumsikan heterogen satu sama lain. Struktur data untuk peta kendali dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Struktur Data Pengamatan Peta Kendali

Subgrup (k)	Sampel (i)	Karakteristik Kualitas (j)	
		X_1 (Amonia)	X_2 (Karbon Dioksida)
1	1	x_{111}	x_{121}
	2	x_{211}	x_{221}
	3	x_{311}	x_{321}
2	1	x_{112}	x_{122}
	2	x_{212}	x_{222}
	3	x_{312}	x_{322}
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
K	1	x_{11k}	x_{12k}
	2	x_{21k}	x_{22k}
	3	x_{31k}	x_{32k}
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
22	1	x_{11m}	x_{12m}
	2	x_{21m}	x_{22m}
	3	x_{31m}	x_{32m}

Keterangan :

i = banyaknya sampel yaitu *shift* , $i=1,2,3$

j = banyaknya karakteristik kualitas, $j=1,2$

k = banyaknya subgrup, $k=1,2,...,22$

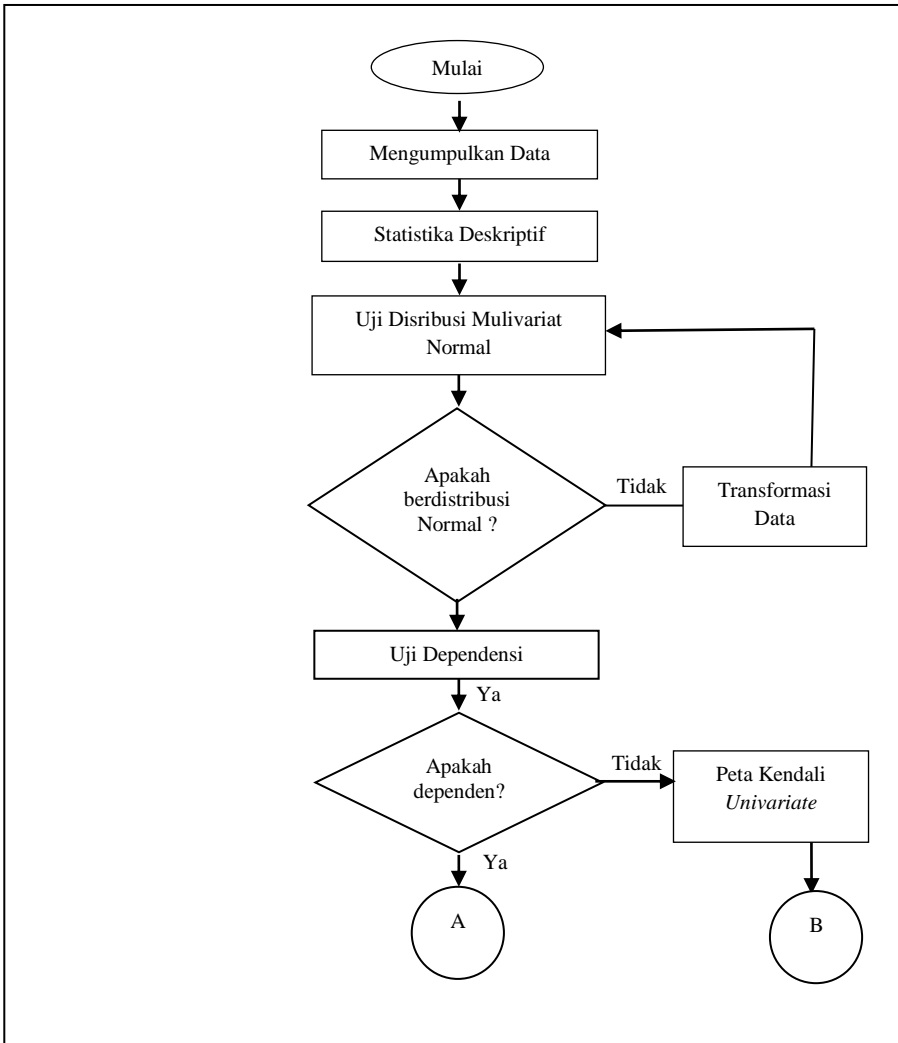
Penentuan perbedaan subgrup berdasarkan hasil pada uji MANOVA *One Way*, jika hasil uji MANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan antara jam kerja (*shift*) terhadap konsentrasi amonia dan karbon dioksida, maka hari pengamatan digunakan sebagai subgrup. Sedangkan jika hasil uji manova terdapat perbedaan antara jam kerja (*shift*) terhadap konsentrasi amonia dan karbon dioksida, maka *shift* digunakan sebagai subgrup.

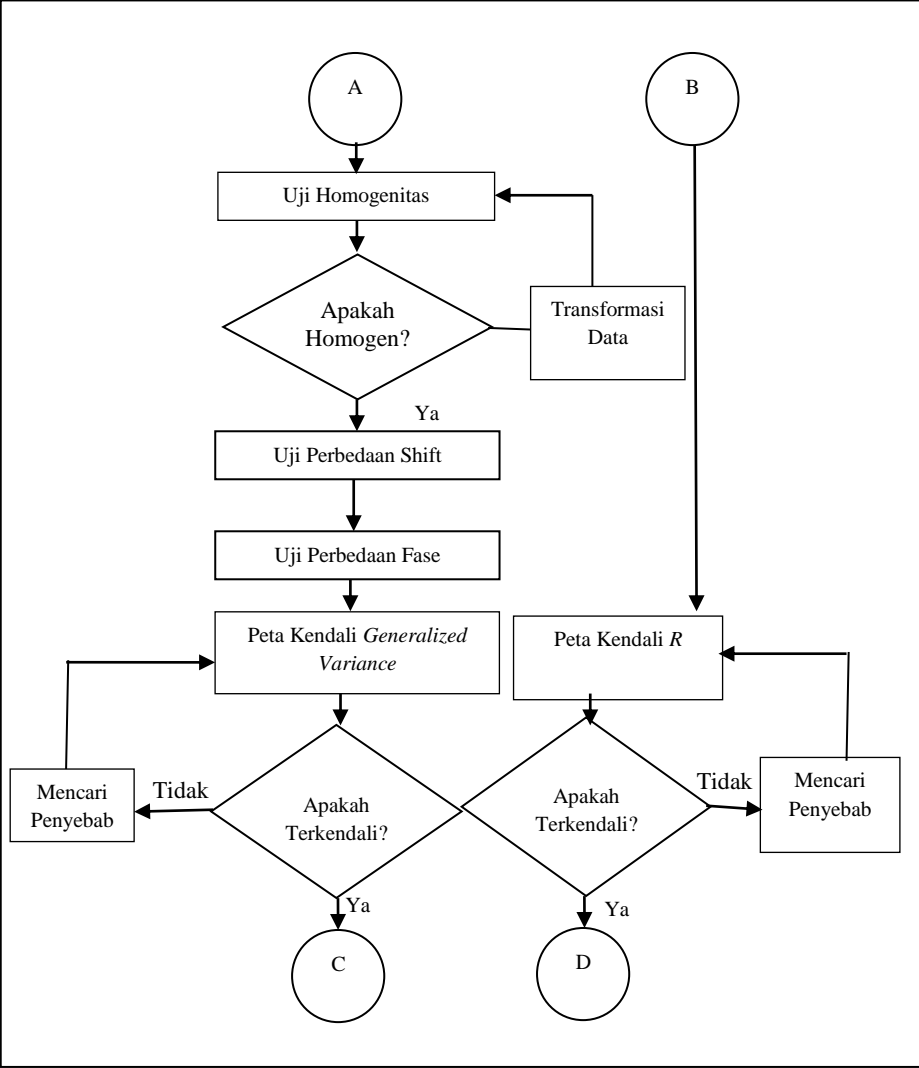
3.3 Langkah Analisis

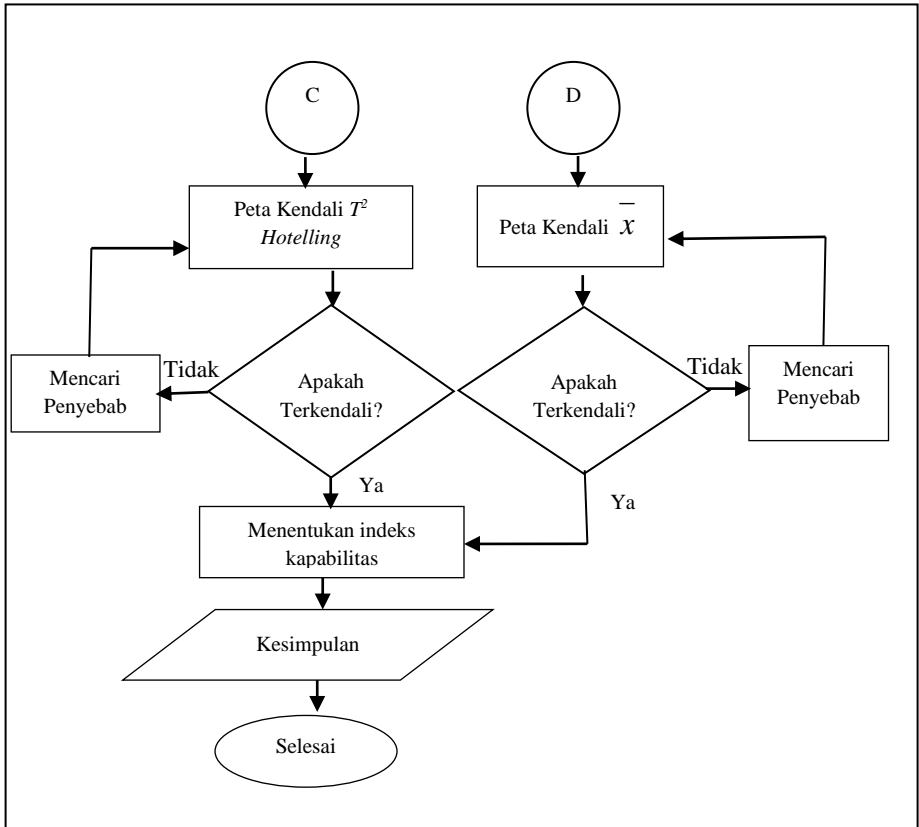
Langkah analisis yang dipakai untuk menganalisis data hasil produksi pupuk Urea bulan Januari 2017 adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data variabel-variabel produksi pupuk urea pada bulan Januari 2017.
2. Mendeskripsikan data proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik bulan Januari 2017.
3. Melakukan pengujian asumsi dependensi dan multivariat normal pada data proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik bulan Januari 2017.
4. Melakukan uji asumsi yaitu uji homogenitas dan analisis perbedaan terhadap *shift* untuk mengetahui adanya perbedaan *shift* atau tidak dengan menggunakan uji MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*) pada data data proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik bulan Januari 2017.
 - a. Jika hasil uji MANOVA tidak terdapat perbedaan hasil produksi terhadap *shift*, maka hari pengamatan digunakan sebagai subgrup

- b. jika hasil uji manova terdapat perbedaan hasil produksi terhadap *shift*, sehingga *shift* digunakan sebagai subgrup
5. Membuat peta kendali *Generalized Variance* dan T^2 Hotelling fase 1 pada data proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik bulan Januari 2017.
6. Melakukan uji homogenitas dan analisis perbedaan terhadap fase untuk mengetahui adanya perbedaan fase dengan menggunakan uji T^2 pada data data proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik bulan Januari 2016.
 - a. Jika hasil uji MANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan hasil produksi terhadap fase, batas kendali pada peta kendali fase 1 dan fase 2 sama
 - b. Jika hasil uji MANOVA menunjukkan terdapat perbedaan hasil produksi terhadap fase, batas kendali pada peta kendali fase 1 dan fase 2 berbeda
7. Membuat peta kendali *Generalized Variance* dan T^2 Hotelling fase 2 pada data proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik bulan Januari 2017.
8. Menghitung indeks kapabilitas proses setelah prosesnya terkendali secara statistik data proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik bulan Januari 2017.
9. Menarik kesimpulan dan saran berdasarkan analisis
Langkah analisis dapat dilihat secara skematik pada diagram alir di Gambar 3.1







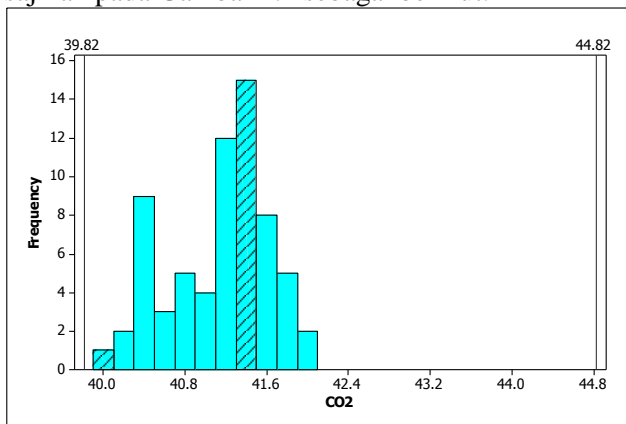
Gambar 3.1 Diagram Alir

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Variabel Amonia dan Karbon Dioksida Pada Pupuk Urea

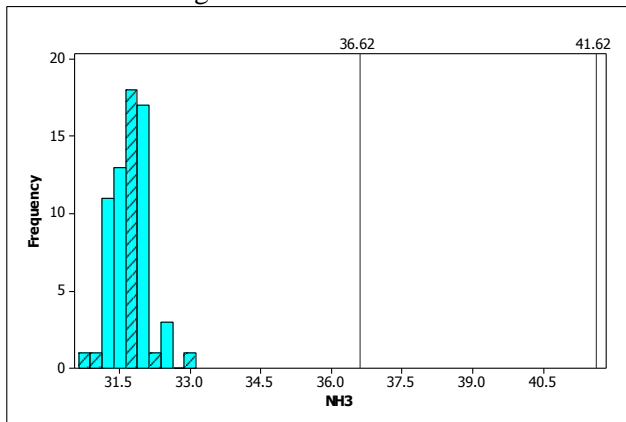
Pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik terdapat beberapa karakteristik kualitas diantaranya amonia (NH_3) dan kadar karbon dioksida (CO_2). Pada penelitian ini memfokuskan pada karakteristik kualitas konsentrasi amonia (NH_3) dan kadar karbon dioksida (CO_2) pada proses *recovery unit*. Secara garis besar, karakteristik kulit pupuk urea pada proses *recovery unit* yang diukur pada bulan Januari 2017 untuk kadar karbon dioksida (CO_2) disajikan pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Histogram karbon dioksida

Gambar 4.1 secara visual berdasarkan data pada Lampiran 1 menunjukkan bahwa karakteristik kualitas kadar karbon dioksida observasi terbanyak yaitu 15 pengamatan dengan rentang kadar karbon dioksida antara 41,3 sampai 41,5. Sedangkan frekuensi terendah yaitu 1 pengamatan dengan rentang kadar karbon dioksida antara 39,9 sampai 40,1 pada pengamatan *shift* ke-3 tanggal 10 Januari 2017, dan seluruh hasil proses produksi berada diantara batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan.

Hasil analisis secara visual menggunakan histogram pada konsentrasi amonia sebagai berikut.

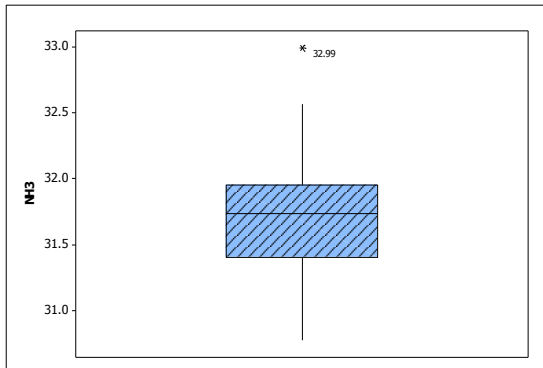


Gambar 4.2 Histogram Amonia

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa karakteristik kualitas konsentrasi amonia frekuensi tertinggi yaitu 18 pengamatan dengan rentang konsentrasi amonia antara 31,625 sampai 31,875. Sedangkan frekuensi terendah yaitu satu pengamatan dengan rentang kadar karbon dioksida antara 30,625 sampai 30,875 pada pengamatan *shift* ke-3 tanggal 08 Janurai 2017, dan rentang 32,00 sampai 32,5 *shift* ke-2 tanggal 08 Janurai 2017, serta pada rentang 32,875 sampai 33,125 *shift* ke-2 tanggal 15 Januari 2017 hal ini dikarenakan *set up* mesin , LP Absorber EA-402 pabrik urea.

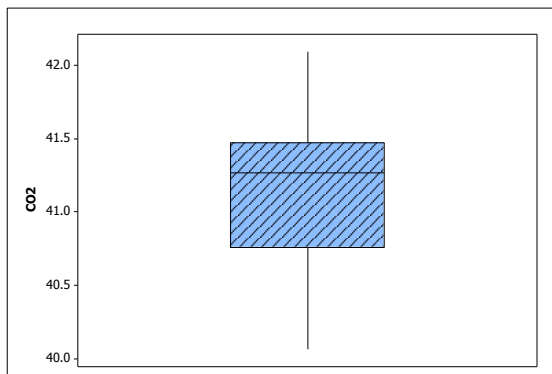
Selain itu karakteristik kualitas dapat juga dilihat menggunakan *boxplot* pada karakteristik kualitas konsentrasi amonia hasil analisisnya seperti pada Gambar 4.3 yang menunjukkan bahwa secara visual menggunakan *boxplot* data konsentrasi amonia proses *recovery unit* pupuk urea cenderung tidak berbentuk simetris dan data berpusat di median. Hal ini dapat dilihat dari jarak median ke kuartil 1 dan jarak median ke kuartil 3 yang tidak sama panjangnya. Kuartil pertama adalah nilai yang berada pada 25% dari data terendah, nilai kuartil pertama sebesar 31,408. Pada karakteristik kualitas konsentrasi amonia terdapat data yang *outliera* yang artinya pada data

konsentrasi amonia proses *recovery unit* pupuk urea bulan Januari 2017 terdapat data *outlier* yaitu pada pengamatan ke *shift* ke-2 tanggal 15 Januari 2017 yang berada diluar batas spesifikasi hal ini dikarenakan mesi mesin area *synthesa* pada karbamat kondensor nomor 2 bermasalah, tetapi dalam penelitian ini data tetap dilakukan analisis.



Gambar 4.3 *Boxplot* Amonia

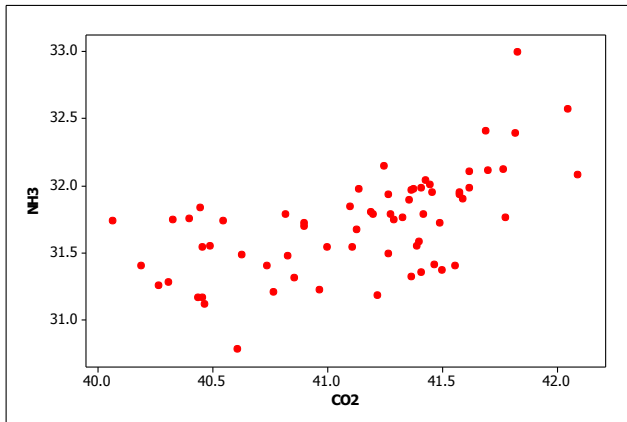
Hasil analisis karakteristik kualitas menggunakan *boxplot* pada karakteristik kualitas kadar karbon dioksida hasil analisisnya sebagai berikut



Gambar 4.4 *Boxplot* Karbon dioksida

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa secara visual menggunakan *boxplot* data kadar karbon dioksida proses *recovery*

unit pupuk urea cenderung tidak berbentuk simetris dan data berpusat di median. Hal ini dapat dilihat dari jarak median ke kuartil 1 dan jarak median ke kuartil 3 yang tidak sama panjangnya. Kuartil pertama adalah nilai yang berada pada 25% dari data terendah, nilai kuartil pertama sebesar 40,762. Kuartil ketiga adalah nilai yang berada 25% dari data tertinggi, nilai kuartil ketiga pada kadar karbon dioksida sebesar 41,475. Pada karakteristik kualitas kadar karbon dioksida tidak terdapat data yang terpisah yang artinya pada data kadar karbon dioksida proses *recovery unit* pupuk urea bulan Januari 2017 tidak terdapat data *outlier*. Secara visual dapat dilihat hubungan antara karakteristik kualitas amonia dan karbon dioksida menggunakan *scatterplot*.



Gambar 4.5 *Scatterplot* Karbon Dioksida dengan Amonia

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa hubungan antara karakteristik kualitas karbon dioksida dan amonia berbanding lurus, dapat dilihat bahwa ketika kadar karbon dioksida rendah maka konsentrasi amonia juga rendah. Sedangkan ketika kadar karbon dioksida tinggi, maka konsentrasi amonia tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara visual terdapat hubungan antara karbon dioksida dan amonia.

Selain secara visual karakteristik data berdasarkan hasil statistika deskriptif sebagai berikut :

Tabel 4.1 Deskripsi Variabel Antar Fase

Variabel	Fase	<i>Mean</i>	<i>Vars</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Spec.</i>
Amonia	Fase 1	31,762	0,208	30,78	32,990	Min 36,62
	Fase 2	41,043	0,377	40,070	42,09	Maks 41,62 Target 39,12
Karbon dioksida	Fase 1	41,141	0,242	40,07	42,09	Min 39,82-
	Fase 2	41,239	0,0959	40,40	41,78	Maks 44,82 Target 42,32

Berdasarkan Tabel 4.1 atau dapat dilihat pada Lampiran 2a diketahui bahwa rata-rata dari karakteristik kualitas konsentrasi amonia pada bulan Januari 2017 minggu ke-I dan II sebesar 31,762 dengan keragaman data sebesar 0,208. Nilai rata-rata yang diperoleh pada variabel ini masih berada diluar batas spesifikasi yang ditentukan perusahaan yaitu minimum 36,62 hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum yang berada diluar batas spesifikasi. Minggu ke-III dan IV sebesar 41,043 dengan keragaman data sebesar 0,377. Nilai rata-rata yang diperoleh pada variabel ini berada diluar nilai target yang ditentukan perusahaan sebesar minimum 39,12, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum yang berada diluar batas spesifikasi.

Karakteristik kualitas karbon dioksida pada bulan Januari 2017 minggu ke-I dan II sebesar 41,141 dengan keragaman data sebesar 0,242. Nilai rata-rata yang diperoleh pada variabel ini masih berada dalam batas spesifikasi yang ditentukan perusahaan yaitu minimum 39,82, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum yang berada didalam batas spesifikasi.

Minggu ke-III dan IV sebesar 41,239 dengan keragaman data sebesar 0,0959. Nilai rata-rata yang diperoleh pada variabel ini masih berada didalam batas spesifikasi yang ditentukan perusahaan sebesar minimum 39,82, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum yang berada didalam batas spesifikasi. Sedangkan analisis deskriptif berdasarkan shift adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Deskripsi Variabel Antar Shift

Variabel	Shift	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Spec.</i>
Amonia	1	31,732	0,138	31,160	32,570	Min 36,62 Maks 41,62 Target 39,12
	2	31,739	0,160	31,110	32,990	
	3	31,665	0,140	30,780	32,390	
Karbon Dioksida	1	41,145	0,211	40,310	42,050	Min 39,82 maks 44,82 Target 42,32
	2	41,176	0,265	40,270	42,090	
	3	41,102	0,272	40,070	41,820	

Berdasarkan Tabel 4.2 atau dapat dilihat pada Lampiran 2b menunjukkan bahwa pada karakteristik kualitas amonia shift 2 lebih beragam dibandingkan dengan shift 1 dan shift 3, sedangkan rata-rata karakteristik kualitas konsentrasi amonia pada shift 1, shift 2, dan shift 3 kurang dari nilai target yang ditentukan perusahaan yaitu 39,12, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum yang berada diluar batas spesifikasi yaitu minimum 36,62 dan maksimum 41,62.

Karakteristik kualitas Karbon Dioksida shift 2 lebih beraga, dibandingkan shift 1 dan shift 3, sedangkan rata-rata karakteristik kualitas kadar karbon dioksida shift 1 dan shift 2, dan shift 3 kurang dari nilaitarge yang ditentukan perusahaan sebesar 42,32, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan yang masih berada dalam batas spesifikasi yang ditentukan perusahaan yaitu minimum 36,62 dan maksimum 41,62.

4.2 Analisis Kapabilitas Proses Fase 1

Sebelum melakukan analisis kapabilitas proses, syarat yang harus dipenuhi terlebih dahulu adalah proses telah terkendali secara statistik. Menganalisis data dengan peta kendali multivariat diperlukan beberapa asumsi yang harus dipenuhi yaitu dependensi antar variabel dan distribusi multivariate normal pada data amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik bulan Januari 2017 dengan hasil analisis sebagai berikut.

4.2.1 Pengujian Independensi

Pengujian independensi merupakan syarat dalam analisis peta kendali multivariat terhadap karakteristik kualitas dengan menggunakan metode *Barlett's*. Karakteristik kualitas pada penelitian yaitu amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) saling berhubungan secara teori berdasarkan ikatan kimia yaitu $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{COONH}_4$, oleh karena itu digunakan uji independensi untuk mengetahui hubungan secara statistik antara dua karakteristik kualitas yaitu amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik bulan Januari 2017.

H_0 : $\mathbf{R}=\mathbf{I}$ (Tidak terdapat hubungan antara konsentrasi amonia dan kadar karbon dioksida)

H_1 : $\mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Terdapat hubungan antara konsentrasi amonia dan kadar karbon dioksida)

Daerah penolakan : Tolak H_0 , jika $P\text{-value} < \alpha$ dan $\chi^2 > \chi^2_{(0,05;1)} = 3,841$

Statistik Uji :

Tabel 4.3 Uji Independensi

Bartlett's Test	
<i>Chi-Square</i>	29,670
Df	1
<i>P-value</i>	0.000

Tabel 4.3 atau hasil output pada Lampiran 3 menunjukkan bahwa nilai *Chi-Square* sebesar 29,670 dan nilai *P-value* sebesar 0,000. Berdasarkan taraf signifikan sebesar 5% sehingga diperoleh nilai $\chi^2_{(0,05;1)}$ sebesar 3,841, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 yang memberikan kesimpulan bahwa nilai matriks korelasi tidak sama dengan matriks identitas, yang artinya terdapat hubungan secara statistik antara karakteristik kualitas amonia dan karbon dioksida proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik bulan Januari 2017

4.2.2 Pengujian Distribusi Normal

Uji asumsi multivariat normal juga merupakan asumsi dalam analisis pengendalian kualitas multivariat. Hasil analisis uji multivariate normal antara dua karakteristik kualitas yaitu konsentrasi amonia (NH_3) dan kadar karbon dioksida (CO_2) proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia dengan digunakan macro minitab pada Lampiran 4 adalah sebagai berikut.

H_0 : Data amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) mengikuti distribusi multivariat normal

H_1 : Data amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) tidak mengikuti distribusi multivariat normal

Daerah Kritis : H_0 ditolak, jika proporsi $d_{jk}^2 \leq \chi^2_{2;((66-j+0.5)/66)}$ sebanyak kurang dari 50% .

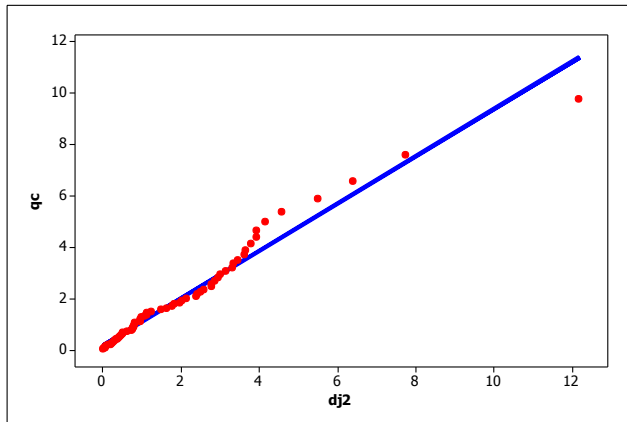
Statistik Uji :

Tabel 4.4 Uji Distribusi Normal

Proporsi $d_{jk}^2 \leq \chi^2_{3;((44-j+0.5)/44)}$
0,5303

Tabel 4.4 atau berdasarkan output pada Lampiran 5 menunjukkan bahwa dengan taraf signifikan sebesar 0,05 yang memberikan keputusan H_0 gagal ditolak karena nilai proporsi $d_{jk}^2 \leq \chi^2_{2,0.50}$ diperoleh hasil 0,5303 atau 53,3% dimana nilai tersebut lebih besar dari 50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi amonia (NH_3) dan kadar karbon dioksida

(CO₂) data proses *recovery unit* produksi pupuk urea berdistribusi multivariat normal. Secara visual dapat dilihat hasil *scatterplot* pada Gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa secara visual *plotting* data antara d_{jk}^2 dan $\chi^2_{3;((44-j+0.5)/44)}$ mengikuti garis normal, sehingga data konsentrasi amonia (NH₃) dan kadar karbon dioksida (CO₂) proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik bulan Januari 2017 telah berdistribusi multivariat normal.



Gambar 4.6 Scatterplot Uji Multivariat Normal

4.2.3 Analisis Perbedaan Jam Kerja

Terdapat dugaan bahwa jam kerja (*shift*) berpengaruh terhadap konsentrasi amonia dan karbon dioksida karena konsentrasi karyawan antara jam kerja pagi dan malam berbeda, sehingga dapat mempengaruhi hasil proses produksi. Untuk mengetahui kondisi tersebut digunakan analisis MANOVA *One Way* yaitu untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar *shift* (jam kerja) pada proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik bulan Januari 2017, yang selanjutnya digunakan sebagai keputusan untuk memilih subgrup. Asumsi yang harus dipenuhi pada uji MANOVA *One Way* adalah uji homogenitas.

Pengujian homogenitas juga merupakan asumsi yang harus dipenuhi pada MANOVA untuk mengetahui kehomogenan matriks varians kovarians terhadap jam kerja *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3 pada proses *recovery unit* produksi pupuk urea bulan Januari 2017.

$H_0 : \sum_1 = \sum_2 = \sum_3$ (matriks varians kovarians *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3 homogen)

H_1 : minimal ada satu matriks varians kovarians jam kerja tidak homogen

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $P\text{-value} < \alpha$ dan $C > \chi^2_{2(2+1)(3-1)/2; 0,05}$

Statistik Uji :

Tabel 4.5 Uji Homegenitas Varians *Shift*

<i>Box's M</i> (C)	3,709
$\chi^2_{(0.05;6)}$	12,592
P-value	0,739

Tabel 4.5 atau berdasarkan output pada Lampiran 6a menunjukkan bahwa dengan taraf sigifikan sebesar 0,05 diketahui $P\text{-value}$ sebesar 0,739 lebih besar dari taraf signifikan dan nilai *box's M* sebesar 3,709 lebih kecil dari $\chi^2_{(0.05;6)}$ sebesar 12,592 sehingga dapat diputuskan gagal tolak H_0 yang memberikan kesimpulan bahwa matriks varians kovarians *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3 pada proses *recovery unit* produksi pupuk urea bulan Januari 2017 telah homogen, jadi pada asumsi analisis uji MANOVA *One Way* telah terpenuhi sehingga penelitian ini dapat dilanjutkan analisis MANOVA *One Way*

Analisis MANOVA *One Way* pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar *shift* dalam proses *recovery unit* untuk konsentrasi amonia dan kadar karbon dioksida pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik. Hasil analisisnya sebagai berikut:

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$ (Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata *shift* 1, rata-rata *shift* 2, dan rata-rata *shift* 3 terhadap konsentrasi amonia dan kadar karbon dioksida)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \tau_i \neq 0$ (minimal ada satu rata-rata *shift* konsentrasi amonia dan kadar karbon dioksida)

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $F > F_{\alpha; 2(g-1), 2(\sum n_i - g - 1)}$

dan $P\text{-value} < \alpha$

Statistik Uji :

Tabel 4.6 Tabel MAOVA *One Way* Terhadap *Shift*

Sumber Variasi	Derajat Bebas	SS dan <i>Cross Product</i>
Shift	2	$\begin{bmatrix} 0,073 & 0,063 \\ 0,063 & 0,061 \end{bmatrix}$
Residual	63	$\begin{bmatrix} 9,189 & 7,317 \\ 7,317 & 15,692 \end{bmatrix}$
Total	65	$\begin{bmatrix} 9,262 & 7,380 \\ 7,380 & 15,753 \end{bmatrix}$

Tabel 4.7 Uji Perbedaan *Treatmen* terhadap *shift*

Efek	<i>Wilks' Lambda</i>	F	P-value	$F_{(0,05;4;124)}$
<i>Shift</i>	0,991	0,135	0,969	2,445

Tabel 4.7 atau berdasarkan output pada Lampiran 6b menunjukkan bahwa nilai *wilk's lambda* sebesar 0,991 yang artinya jika nilai *wilk's lambda* semakin mendekati satu, maka *shift* semakin tidak berpengaruh terhadap konsentrasi amonia dan kadar karbon dioksida, Berdasarkan nilai F sebesar 0,135 kurang dari $F_{(0,05;4;124)}$ sebesar 2,445 dan P-value sebesar 0,121 lebih besar dari taraf signifikan sebesar 5%, sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 yang memberikan kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan antara jam kerja (*shift*) terhadap konsentrasi amonia dan kadar karbon dioksida pada proses *recovery unit*

pupuk urea produksi PT Petrokimia Gresik bulan Januari 2017, sehingga pada penelitian ini hari pengamatan digunakan sebagai subgrup, dan *shift* sebagai anggota subgrup.

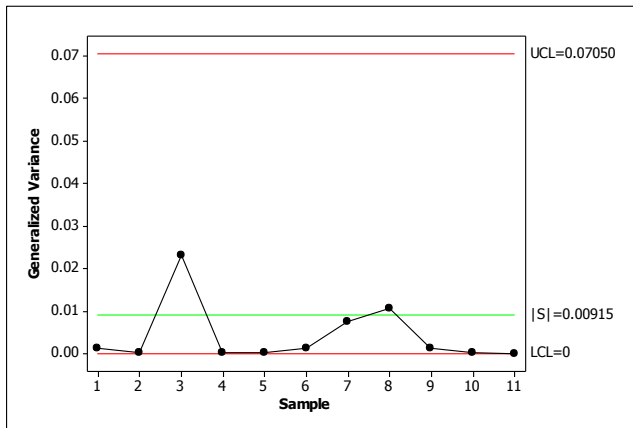
4.2.4 Analisis Pengendalian Kualitas Fase 1

Analisis pengendalian kualitas proses produksi fase 1 pada penelitian ini menggunakan data proses *recovery unit* produksi pupuk urea pada minggu ke-I dan II bulan Januari 2017. Data pada fase 1 ini digunakan sebagai data masa lalu untuk mengestimasi vektor rata-rata dan matriks varians kovarians yang telah terkendali, dimana parameter yang sudah terkendali nantinya akan digunakan untuk analisis fase 2 yaitu minggu ke-III dan IV bulan Januari 2017.

a. Peta kendali *Generalized Variance*

Peta kendali *Generalized Variance* merupakan peta kendali yang digunakan untuk pengendalian variabilitas proses dengan data yang digunakan pada minggu ke-I dan II Bulan Januari 2017. Statistik uji pada Peta kendali *Generalized Variance* diperoleh dari persamaan (2.28) Berikut merupakan hasil analisis pengendalian pada variabilitas proses *recovery unit* produksi pupuk urea dengan menggunakan peta kendali *Generalized Variance* fase 1.

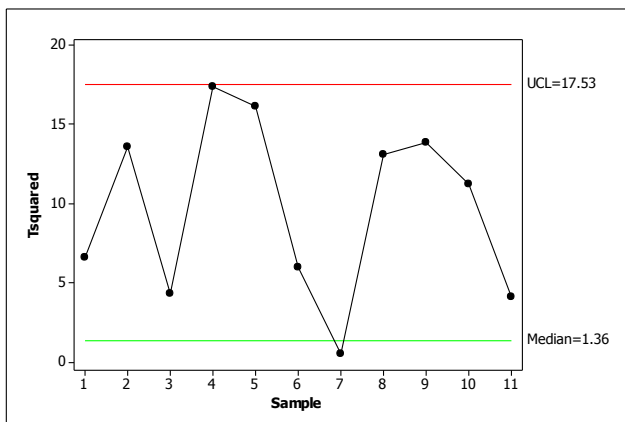
Gambar 4.7 menunjukkan bahwa varians proses *recovery unit* produksi pupuk urea pada fase 1 yaitu minggu ke I dan II bulan Januari 2017 tidak terdapat pengamatan yang diluar batas kendali. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa varians proses *recovery unit* produksi pupuk urea pada karakteristik kualitas konsentrasi amonia (NH_3) dan kadar karbon dioksida (CO_2) telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu peta kendali T^2 *Hoelling* untuk memonitoring proses means.



Gambar 4.7 Peta Kendali *Generalized Variance* Fase 1

b. Peta Kendali T^2 Hotelling

Setelah dilakukan pengendalian proses varians dan telah terkendali secara statistik maka selanjutnya dilakukan pengendalian terhadap proses *mean* menggunakan peta kendali T^2 Hotelling dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase 1

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa varians proses *recovery unit* produksi pupuk urea pada fase 1 yaitu minggu ke I dan II bulan Januari 2017 tidak terdapat pengamatan yang diluar batas kendali. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa proses *mean recovery unit* produksi pupuk urea dengan karakteristik kualitas konsentrasi amonia (NH_3) dan kadar karbon dioksida (CO_2) pada fase 1 yaitu minggu ke-I dan II bulan Januari 2017 telah terkendali secara statistik, karena seluruh titik pengamatan tidak ada yang berada diluar batas kendali atas sebesar 17,53 dan batas kendali bawah sebesar 0.

4.3 Analisis Kapabilitas Proses Fase 2

Analisis pada fase 2 yaitu minggu ke-III dan IV bulan Januari 2017, yang akan dilakukan uji MANOVA terhadap fase untuk melihat terdapat perbedaan atau tidak antara fase 1 dan fase 2. Jika terdapat perbedaan antara fase 1 dan fase 2 batas kendali yang digunakan pada peta kendali *Generalized Variance* dan T^2 Hotelling berbeda.

4.3.1 Analisis Perbedaan Fase

Analisis perbedaan fase menggunakan uji T^2 yaitu untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar fase 1 dan fase 2 pada proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik, yang selanjutnya digunakan sebagai keputusan untuk menentukan batas kendali. Asumsi yang harus dipenuhi pada analisis ini adalah uji homogenitas.

Pengujian homogenitas juga merupakan asumsi yang harus dipenuhi pada analisis perbedaan fase untuk mengetahui kehomogenan matriks varians kovarians terhadap jam kerja fase 1 dan fase 2 pada proses *recovery unit* produksi pupuk urea.

$H_0 : \sum_1 = \sum_2$ (matriks varians kovarians fase 1 dan fase 2 homogen)

H_1 : minimal ada satu matriks varians kovarians fase tidak homogen

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $P\text{-value} < \alpha$ dan $C > \chi^2_{2(2+1)(2-1)/2; 0,05}$

Statistik Uji :

Tabel 4.8 Uji Homegenitas Varians Fase

<i>Box's M (C)</i>	16,302
$\chi^2_{(0.05;3)}$	7,8147
<i>P-value</i>	0,001

Tabel 4.8 atau berdasarkan output pada Lampiran 7 menunjukkan bahwa dengan taraf sigifikan sebesar 0,05 diketahui *P-value* sebesar 0,001 lebih besar dari taraf signifikan dan nilai *box's M* sebesar 16,302 lebih kecil dari $\chi^2_{(0.05;3)}$ sebesar 7,8147 sehingga dapat diputuskan tolak H_0 yang memberikan kesimpulan bahwa matriks varians kovarians fase 1 dan fase 2 pada proses *recovery unit* produksi pupuk urea bulan tidak homogen, jadi pada asumsi analisis perbedaan fase belum terpenuhi, oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan uji T^2 untuk varians tidak homogen.

Uji T^2 pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar fase 1 dan fase 2 dalam proses *recovery unit* untuk konsentrasi amonia dan kadar karbon dioksida pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik bulan Januari 2017 dengan asumsi homogenitas varians tidak terpenuhi. Hasil analisisnya sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata fase 1 dan rata-rata fase 2 terhadap hasil proses)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \mu_i \neq 0$ (minimal ada satu rata-rata fase yang memberikan perbedaan terhadap hasil proses)

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $T^2 > \chi^2_{(0.05,2)}$

Statistik Uji :

Tabel 4.9 Uji Perbedaan Fase

Efek	T^2	$\chi^2_{(0.05,2)}$
Fase	21,629	5,991

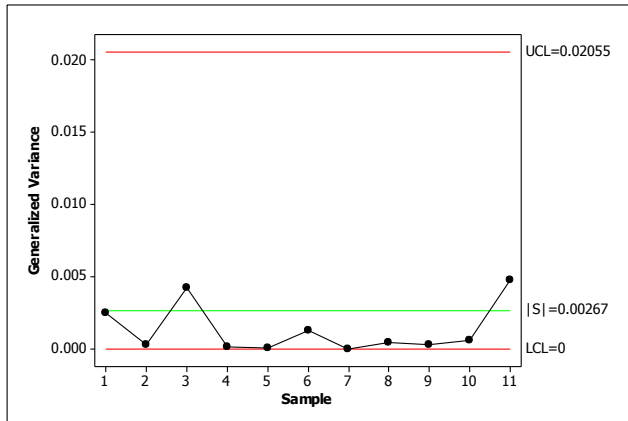
Tabel 4.9 menunjukkan bahwa nilai T^2 sebesar 21,629 yang lebih besar dari $\chi^2_{(0,05,2)}$ sebesar 5.991, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 yang memberikan kesimpulan bahwa minimal ada satu rata-rata fase yang memberikan perbedaan terhadap hasil proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik bulan Januari 2017. Sehingga pada penelitian ini batas kendali pada fase 1 dan fase 2 berbeda. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata amonia pada fase 2 lebih baik dibandingkan fase 1 yang berada diluar batas spesifikasi, sedangkan pada variabel karbon dioksida tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara fase 1 dan fase 2. Oleh karena itu ada pergeseran proses dari fase 1 ke fase 2 yang lebih baik, hal ini disebabkan oleh variabel amonia.

4.3.2 Analisis Pengendalian Kualitas Fase 2

Analisis pengendalian kualitas proses produksi fase 2 pada penelitian ini menggunakan data proses *recovery unit* produksi pupuk urea pada minggu ke-III dan IV bulan Januari 2017. Data pada fase 2 ini parameter yang sudah terkendali pada fase 1. Berdasarkan hasil uji MANOVA yang memberikan kesimpulan bahwa minimal ada satu rata-rata fase yang memberikan perbedaan terhadap hasil proses *recovery unit* pupuk urea produksi PT. Petrokimia Gresik. Sehingga pada penelitian ini batas kendali pada fase 1 dan fase 2 berbeda.

a. Peta Kendali *Generalized Variance*

Peta kendali *Generalized Variance* merupakan peta kendali yang digunakan untuk pengendalian variabilitas proses dengan data yang digunakan pada minggu ke III dan IV Bulan Januari 2017. Statistik uji pada Peta kendali *Generalized Variance* diperoleh dari persamaan (2.28) Berikut merupakan hasil analisis pengendalian pada variabilitas proses *recovery unit* produksi pupuk urea dengan menggunakan peta kendali *Generalized Variance* fase 2.

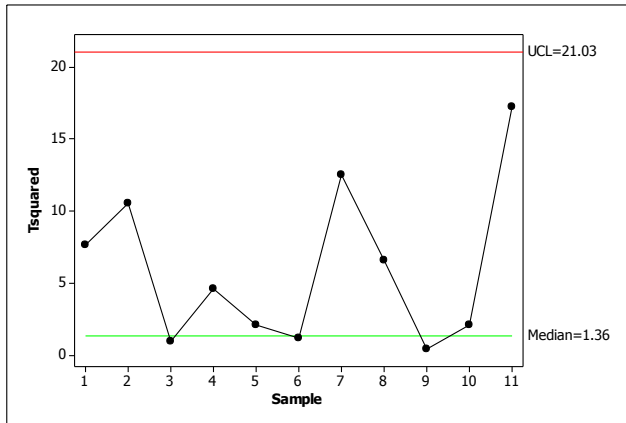


Gambar 4.9 Peta Kendali *Generalized Variance* Fase 2

Gambar 4.9 berdasarkan data pada Lampiran 8b menunjukkan bahwa varians proses *recovery unit* produksi pupuk urea pada fase 1 yaitu minggu ke III dan IV bulan Januari 2017 tidak terdapat pengamatan yang diluar batas kendali sebesar 0.02055. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa varians proses *recovery unit* produksi pupuk urea pada karakteristik kualitas konsentrasi amonia (NH_3) dan kadar karbon dioksida (CO_2) telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu peta kendali T^2 Hotelling untuk memonitoring proses means.

c. Peta Kendali T^2 Hotelling

Setelah dilakukan pengendalian proses varians dan telah terkendali secara statistik maka selanjutnya dilakukan pengendalian terhadap proses *mean* menggunakan peta kendali T^2 Hotelling dapat dilihat pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase 2

Gambar 4.10 berdasarkan data pada lampiran 8b menunjukkan bahwa varians proses *recovery unit* produksi pupuk urea pada fase 2 yaitu minggu ke III dan IV bulan Januari 2017 tidak terdapat sampel pengamatan yang keluar dari batas kendali atas yaitu pada. Hal ini mengindikasikan bahwa proses *recovery unit* produksi pupuk urea dengan karakteristik kualitas konsentrasi amonia (NH_3) dan kadar karbon dioksida (CO_2) pada fase 2 yaitu minggu ke- III dan IV bulan Januari 2017 telah terkendali secara statistik dalam proses *mean*.

4.4 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses

Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan peta kendali multivariate, diperoleh peta T^2 Hotelling pada fase 1 dan fase 2 telah terkendali. Langkah selanjutnya adalah menghitung indeks kapabilitas proses C_p dan C_{pk} untuk fase 1 dan fase 2 untuk mengetahui seberapa besar kemampuan proses produk pupuk urea yang sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan. Tabel 4.9 adalah hasil pengukuran kapabilitas proses secara univariat berdasarkan data pada fase 1 dan fase 2.

Tabel 4.10 Indeks Kapabilitas Proses

Variabel	Fase 1		Fase 2	
	C _p	C _{pk}	C _p	C _{pk}
Amonia	2,19	-4,25	3,40	-6,75
Karbon Dioksida	2,51	1,23	3,86	2,19
Multivariat	2,35	-1,51	3,63	-2,28

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa variabel kualitas NH₃ pada fase 1 dan fase 2 secara univariat menunjukkan kedekatan antar hasil proses produksi sangat signifikan, hal ini dikarenakan nilai C_p lebih besar dari 1. Sedangkan hasil proses produksi sangat jauh dengan nilai target, hal ini dikarenakan nilai C_{pk} kurang dari 1, secara visual dapat juga dilihat berdasarkan Gambar 4.11 (a) pada fase 1 dan 4.12 (a) pada fase 2 dimana konsentrasi amonia pada hasil proses produksi kurang dari batas spesifikasi minimum. Karakteristik kualitas CO₂ pada fase 1 dan fase 2 secara univariat mempunyai nilai C_p lebih dari satu yang artinya kedekatan antar hasil proses produksi sangat signifikan, sedangkan berdasarkan nilai C_{pk} lebih dari satu yang artinya hasil proses produksi sangat dekat dengan nilai target, secara visual dapat juga dilihat berdasarkan Gambar 4.11 (b) kadar karbon dioksida pada hasil proses produksi menyebar didalam batas spesifikasi yang ditentukan oleh PT. Petrokimia Gresik . Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi pupuk urea pada fase 1 dan fase 2 atau produksi minggu ke I dan II Bulan Januari 2017 tidak kapabel dan berdasarkan karakteristik kualitas secara univariat variabel amonia tidak kapabel, sedangkan karbon dioksida kapabel. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan indeks kapabilitas secara multivariate berdasarkan nilai C_p dan C_{pk} pada tabel 4.9. Berikut ini adalah perhitungan indeks kapabilitas multivariate fase 1.

$$MC_p = (0,5 \times 2,19) + (0,5 \times 2,51) = 2,35$$

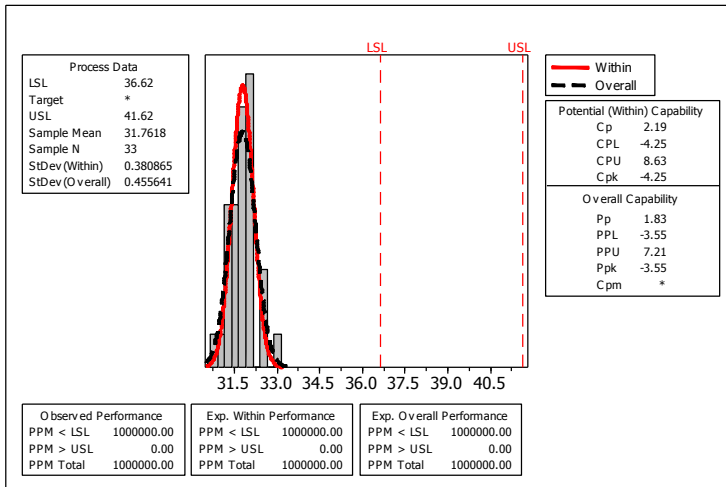
$$MC_{pk} = (0,5 \times (-4,25)) + (0,5 \times 1,23) = -1,51$$

Fase 2 sebagai berikut :

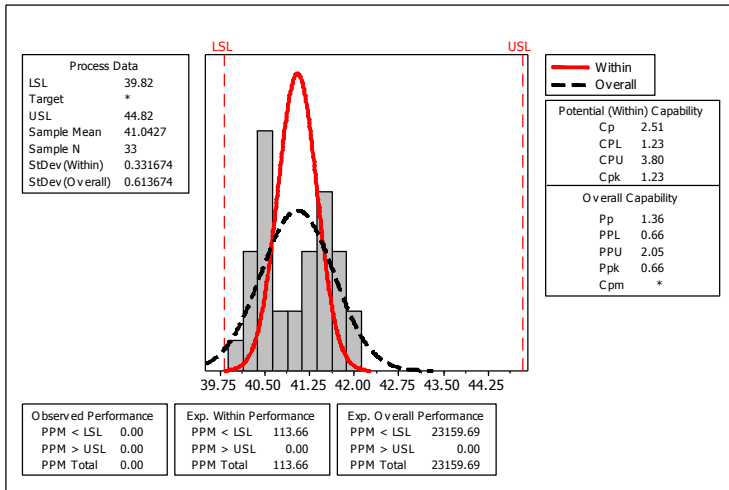
$$MC_p = (0,5 \times 3,40) + (0,5 \times 3,86) = 3,63$$

$$MC_{pk} = (0,5 \times (-6,75)) + (0,5 \times 2,19) = -2,28$$

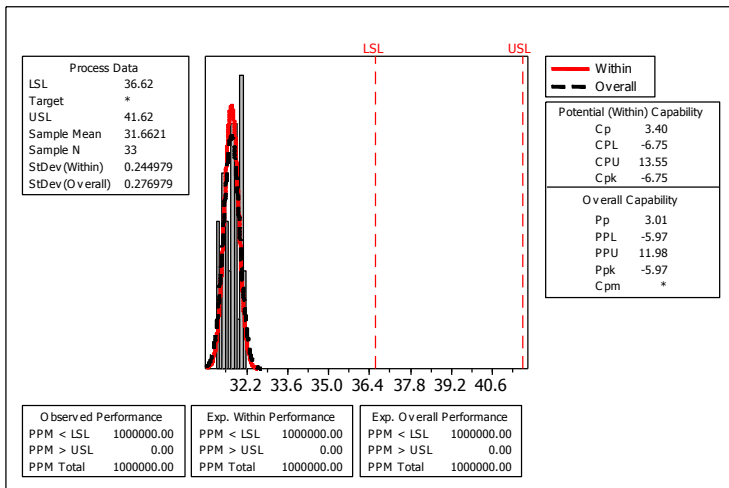
Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai indeks kapabilitas proses produksi pupuk urea secara multivariat di fase 1 dan fase 2 tidak kapabel. Nilai MC_p menunjukkan nilai presisi atau kedekatan antar pengamatan sangat tinggi atau variabilitasnya kecil yaitu dengan nilai lebih dari satu, sedangkan pada nilai MC_{pk} menunjukkan nilai akurasi atau nilai kedekatan dengan nilai target yang ditentukan perusahaan. Nilai presisi dan akurasi tersebut, kurang dari satu. Artinya nilai kemampuan proses produksi pupuk urea pada fase 1 dan fase 2 bulan januari tidak kapabel. Secara grafik digambarkan sebagai berikut.



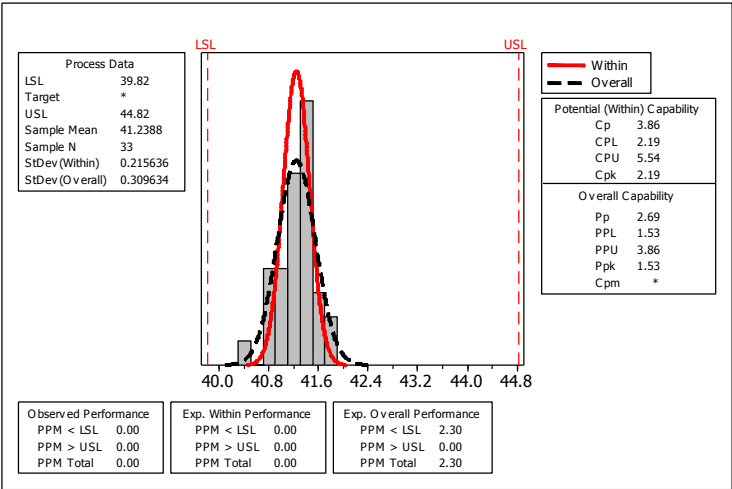
(a)



(b)

Gambar 4.11 Kapabilitas proses fase 1 (a) NH₃ (b) CO₂

(a)



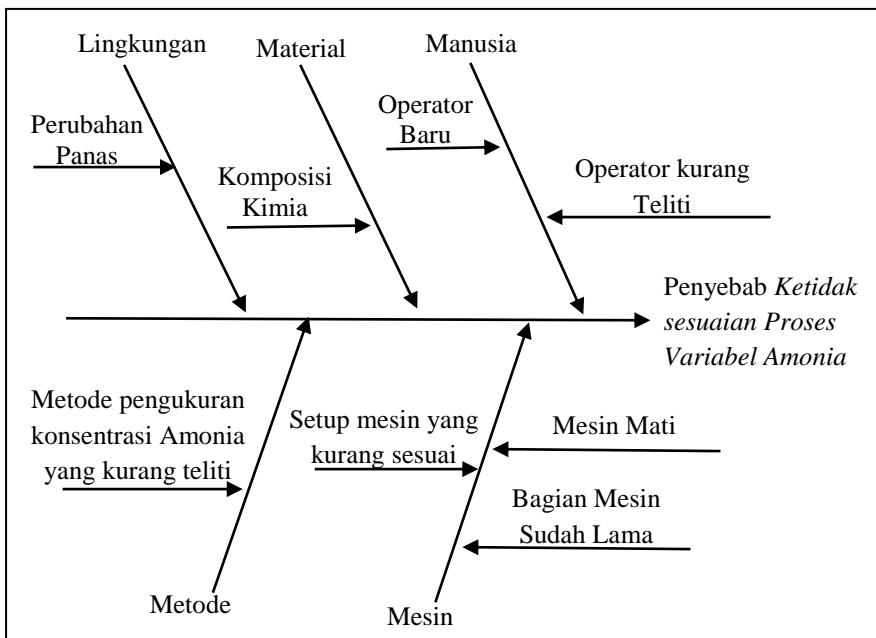
(b)
Gambar 4.12 Kapabilitas proses fase 2 (a) NH₃ (b) CO₂

4.5 Faktor Penyebab Ketidaksesuaian Produksi

Analisis untuk menjelaskan faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian proses digunakan diagram *Ishikawa* atau diagram tulang ikan. Hasil penjelasan dari penyebab ketidaksesuaian pada variabel karakteristik kualitas amonia karena pada penelitian ini konsentrasi amonia tidak kapabel sehingga analaisisi faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian produksi dapat dilihat pada Gambar 4.13.

Gambar 4.13 menjelaskan tentang faktor penyebab ketidak sesuaian proses yaitu pada variabel amonia disebabkan oleh 4M+1L. Pada konsentrasi amonia masih ada komposisi yang kurang sesuai merupakan penyebab dari sisi material. Perubahan panas pada urea *solution* dengan karbamat merupakan penyebab dari sisi lingkungan. Operator baru perlu diadakan *training* untuk bagian operasi mesin dan kurangnya ketelitian operator terhadap mesin perlu diperhatikan karena hampir keseluruhan mesin

dioperasikan menggunakan bahasa inggris oleh karena itu diperlukan pelatihan pada operator baru dan kurangnya ketelitian merupakan penyebab dari sisi manusia. Mesin yang sering mati, bagian mesin yang sudah lama yaitu mesin area *synthesa* pada karbamat kondensor nomor 2, serta setup mesin yang kurang sesuai merupakan penyebab dari sisi mesin. Metode pengukuran amonia di laboratorium yang kurang teliti merupakan penyebab dari sisi metode.



Gambar 4.13 Diagram Ishikawa

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Jam kerja (*shift*) tidak memberikan pengaruh terhadap konsentrasi amonia, dan karbon dioksida pada proses *recovery unit* pupuk urea bulan Januari 2017.
2. a. Pengendalian kualitas statistik pada proses *recovery unit* pupuk urea pada fase 1 yaitu minggu ke-I dan ke-II, serta fase 2 yaitu minggu ke-III dan ke-IV telah terkendali secara statistik karena tidak terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali. Tetapi terdapat perubahan proses pada fase 1 ke fase 2 yang semakin baik
- b. Proses produksi pupuk urea *recovery unit* selama bulan Januari 2017 baik pada fase 1 dan fase 2 tidak baik karena berdasarkan hasil analisis kapabilitas proses pada fase 1 dan fase 2 tidak kapabel hal ini dikarenakan nilai C_p sebesar 2,35 dan C_{pk} sebesar -1,51 pada fase 1, pada fase 2 diperoleh nilai C_p sebesar 3,63 dan C_{pk} sebesar -2,28. Sedangkan berdasarkan univariat baik fase 1 dan fase 2 walaupun nilai C_p dan C_{pk} pada variabel karbon dioksida sebesar 2,51 dan 1,23 pada fase 1, pada fase 2 sebesar 3,86 dan 2,19. Tetapi pada variabel amonia didapatkan nilai C_p dan C_{pk} sebesar 2,19 dan -4,25 pada fase 1, pada fase 2 sebesar 3,40 dan -6,75. Sehingga proses produksi bulan Januari tahun 2017 tidak kapabel.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada perusahaan berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. PT Petrokimi Gresik masih perlu memberikan *training* kepada operaor baru dalam mengoperasikan mesin dan kurangnya ketelitian operator terhadap mesin perlu diperhatikan untuk meminimalisir kesalahan dalam manusia.
2. Meningkatkan kinerja mesin area *synthesa* pada karbamat kondensor nomor 2 dan melakukan *set up* mesin sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan.
3. Melakukan pengawasan terhadap perubahan panas pada urea *solution* dengan karbamat.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2016). *Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Hasibuan, A. K., (2005). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Heizer, Jay and Barry Render. (2006). *Operations Management (Manajemen Operasi)*. Jakarta : Salemba Empat
- Jatianto, H. d. (1976). *Pengaruh pemberian pupuk K terhadap* . Bogor: LP3.
- Johnson, R.A. and Wichern, D. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kotz, S. and Johnson, N.L. (1993). *Process Capability Indices*. Suffolk: Chapman & Hall
- Montgomery, D. C. (2009). *Statistical Quality Control A Modern Introduction (Sixth Edition)*. United States: John Wiley and Sons (Asia) Pte. Ltd.
- Morrison, D.F. (1990). *Multivariate Statistical Methods Third Edition*. USA: Mc Graw Hill Inc.
- Mufida, A. S. (2014). *Pengendalian Kualitas Statistik Produk Pupuk Phonska Di Pt Petrokimia Gresik Tbk*. Surabaya: ITS Library.
- Raissi, S. (2009). Multivariate Process Capability Indices On the Presence Of Priority For Quality Characteristics. *Journal Of Industrial Engineering International*, 27-36.
- Tjiptoherijanto, P. (1996). *Sumber Daya Manusia dalam Pembangunan Nasional*. Jakarta: Lembaga Penerbit FEUI.

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Proses *Recovery Unit* Pupuk Urea Produksi PT Petrokimia Gresik Bulan Januari 2017

Hari Pengamatan	Shift	Amonia	Karbon Dioksida
1	1	31.48	40.63
	2	31.78	40.82
	3	31.83	40.45
2	1	31.55	40.49
	2	31.73	40.55
	3	31.74	40.33
3	1	31.16	40.44
	2	32	41.45
	3	30.78	40.61
** ** **	** ** **	** ** **	** ** **
19	1	31.31	40.86
	2	31.55	41.39
	3	31.22	40.97
20	1	31.97	41.14
	2	31.58	41.4
	3	31.35	41.41
21	1	31.49	41.27
	2	31.76	41.33
	3	31.4	41.56
22	1	31.18	41.22
	2	31.75	40.4
	3	31.2	40.77

Keterangan : * = Data tidak dilampirkan

Lampiran 2. Output Statistika Deskriptif

a. Deskripsi data berdasarkan fase

Descriptive Statistics: Amonia, Karbon Dioksida

Variable	Fase	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Amonia	1	31.751	0.205	30.780	32.990
	2	31.670	0.0771	31.180	32.140
Karbon Dioksida	1	41.055	0.371	40.070	42.090
	2	41.232	0.0972	40.400	41.780

b. Deskripsi data berdasarkan shift

Variable	Shift	Mean	Variance	Minimum	Maximum
NH3_1	1	31.732	0.138	31.160	32.570
	2	31.739	0.160	31.110	32.990
	3	31.665	0.140	30.780	32.390
CO2_1	1	41.145	0.211	40.310	42.050
	2	41.176	0.265	40.270	42.090
	3	41.102	0.272	40.070	41.820

Lampiran 3. Output Uji Independensi

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	29.670
	df	1
	Sig.	.000

Lampiran 4. Macro Minitab Uji Distribusi Normal Multivariat

```

Macro
NormalMultivariate X.1-X.p qc dj2
MConstant i j n p Prop Tengah
MColumn x.1-x.p xj Kali d dj2 qc Prob
MMatrix MCova MCovaI xjxbar
  let n=count(x.1)
  Covariance X.1-X.p MCova
  invers MCova MCovaI
  do i=1:n
    do j=1:p
      let xj(j)=x.j(i)-mean(x.j)
    enddo
    copy xj xjxbar
    mult MCovaI xjxbar Kali
    let d=Kali*xj
    let dj2(i)=sum(d)
  enddo
  sort dj2 dj2
  do i=1:n
    let Prob(i)=1-(n-i+0.5)/n
  enddo
  INVCDF Prob qc;
  Chisquare p.
  plot qc*dj2;
  symbol.
  INVCDF 0.5 Tengah;
  Chisquare p.
  let Prop=0
  do i=1:n
    if dj2(i)<=Tengah
      let Prop=Prop+1
    endif
  enddo
  let Prop=Prop/n
  print Prop
  corr qc dj2

name qc 'qc'
name dj2 'dj2'
endmacro

```

Lampiran 5. Output Uji Distribusi Normal Multivariat

Data Display	
Prop	0.530303
Correlations: qc, dj2	
Pearson correlation of C12 and C13 = 0.985	
P-Value = 0.000	

Nilai qc dan dj^2

No	qc	dj^2	No	qc	dj^2	No	qc	dj^2
1	0.0152	0.0157	23	0.8338	0.7743	45	2.2432	2.5203
2	0.046	0.0326	24	0.8803	0.7978	46	2.3385	2.5864
3	0.0772	0.0573	25	0.9279	0.8077	47	2.4385	2.7778
4	0.109	0.0801	26	0.9767	0.8355	48	2.5438	2.7834
5	0.1412	0.1115	27	1.0267	0.8384	49	2.6549	2.8682
6	0.174	0.1662	28	1.078	0.9581	50	2.7726	2.9668
7	0.2074	0.2076	29	1.1306	0.9626	51	2.8976	3.009
8	0.2413	0.2492	30	1.1847	0.9689	52	3.031	3.1612
9	0.2757	0.2619	31	1.2402	0.9964	53	3.1739	3.322
10	0.3108	0.2819	32	1.2974	1.077	54	3.3279	3.3534
11	0.3465	0.3315	33	1.3562	1.1263	55	3.4946	3.448
12	0.3829	0.3466	34	1.4168	1.1442	56	3.6766	3.6191
13	0.4199	0.3659	35	1.4793	1.247	57	3.8767	3.6523
14	0.4577	0.4026	36	1.5439	1.4977	58	4.0992	3.7837

Lampiran 5. (lanjutan)

No	qc	dj ²	No	qc	dj ²	No	qc	dj ²
14	0.4577	0.4026	36	1.5439	1.4977	58	4.0992	3.7837
15	0.4961	0.4383	37	1.6105	1.6394	59	4.3495	3.9243
16	0.5354	0.4747	38	1.6795	1.7773	60	4.6357	3.9292
17	0.5754	0.5025	39	1.7509	1.8485	61	4.9698	4.1527
18	0.6162	0.5082	40	1.825	1.976	62	5.3712	4.5748
19	0.6579	0.5246	41	1.902	2.0207	63	5.8738	5.5015
20	0.7004	0.6241	42	1.982	2.154	64	6.5467	6.3906
21	0.7439	0.7476	43	2.0653	2.394	65	7.5684	7.7545
22	0.7883	0.7602	44	2.1523	2.413	66	9.7656	12.175

Lampiran 6. Analisis Perbedaan Terhadap Jam Kerja

Lampiran 6a. Uji Homogenitas

**Box's Test of Equality
of Covariance Matrices^a**

Box's M	3.709
F	.590
df1	6
df2	98919.692
Sig.	.739

Lampiran 6a. Uji MANOVA

Effect		Value	F	Hypot hesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	1.000	276267.492 ^b	2.000	62.000	.000	1.000
	Wilks' Lambda	.000	276267.492 ^b	2.000	62.000	.000	1.000
	Hotelling's Trace	8911.85 5	276267.492 ^b	2.000	62.000	.000	1.000
	Roy's Largest Root	8911.85 5	276267.492 ^b	2.000	62.000	.000	1.000
Shift	Pillai's Trace	.009	.137	4.000	126.000	.968	.004
	Wilks' Lambda	.991	.135 ^b	4.000	124.000	.969	.004
	Hotelling's Trace	.009	.133	4.000	122.000	.970	.004
	Roy's Largest Root	.008	.252 ^c	2.000	63.000	.778	.008

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	nh3	.073 ^a	2	.037	.252	.778	.008
	co2	.061 ^b	2	.030	.122	.885	.004
Intercept	nh3	66372.835	1	66372.835	455050.794	.000	1.000
	co2	111709.088	1	111709.088	448476.363	.000	1.000
Shift	nh3	.073	2	.037	.252	.778	.008
	co2	.061	2	.030	.122	.885	.004
Error	nh3	9.189	63	.146			
	co2	15.692	63	.249			
Total	nh3	66382.098	66				
	co2	111724.841	66				
Corrected Total	nh3	9.262	65				
	co2	15.753	65				

a. R Squared = .008 (Adjusted R Squared = -.024)

b. R Squared = .004 (Adjusted R Squared = -.028)

Between-Subjects SSCP Matrix

			nh3	co2
Hypothesis	Intercept	nh3	66372.835	86107.194
		co2	86107.194	111709.088
	VAR00003	nh3	.073	.063
		co2	.063	.061
Error		nh3	9.189	7.317
		co2	7.317	15.692

Based on Type III Sum of Squares

Lampiran 7. Uji Homogenitas Analisis Perbedaan Fase**Box's Test of Equality of
Covariance Matrices^a**

Box's M	16.302
F	5.250
df1	3
df2	737280.000
Sig.	.001

Tests the null hypothesis
that the observed
covariance matrices of the
dependent variables are
equal across groups.

a. Design: Intercept + fase

Lampiran 8. Bukti Pengambilan Data di PT Petrokimia Gresik



**PETROKIMIA
GRESIK**

Kepada : Yth. Kajar FMIPA – ITS Surabaya
naikiyah@gmail.com
 Dari : Dep. Pengembangan SDM PT. Petrokimia Gresik
prakerin@petrokimia-gresik.com
 Nomor : 1136 /NK.02.02/03/MKP/2016
 Perihal : **Konfirmasi Bimbingan Penelitian**
 Tanggal : 10 Maret 2017
 Lampiran : 3 (tiga) Lembar

Menanggapi surat Saudara nomor : 001976/IT2.VI.1.3/TU.00.09/2017 tertanggal 12 Jan 2017 perihal Permohonan Mahasiswa Bimbingan Penelitian / Tugas Akhir atas nama :

NO	NAMA	NIM	JURUSAN
1	Sheli Afifah	1314030071	Statistik

dengan ini disampaikan bahwa permohonan saudara bisa kami terima mulai tanggal **01/02/2017 s.d. 28/02/2017**. Selama melaksanakan kegiatan di PT Petrokimia Gresik akan dibimbing oleh sdr. **Stefanus Ardian S.** Bagian Evaluasi Proses Departemen PPE.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

PT. Petrokimia Gresik
 Manager Pengembangan SDM



Lampiran 9. Surat Pernyataan Kevalidan Data Tugas Akhir

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS :

Nama : SHELI AFIFAH

NRP : 1314030071

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari publikasi yaitu :

Sumber : Departemen Pengendalian Proses Energi PT Petrokimia Gresik.
Keterangan : Data analisis pupuk urea proses *recovery unit* dengan variabel amonia dan karbon dioksida pada Bulan Januari 2017.

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Mengetahui,

Surabaya, 19 Juni 2017

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Yang Membuat Pernyataan,

(Dr. Brodjol Sutijo S.U., M.Si)
NIP. 19660125 199002 1 001

(Sheli Afifah)
1314030071

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis, dikenal dengan panggilan Sheli yang memiliki nama lengkap Sheli Afifah. Penulis lahir di Lamongan, pada tanggal 31 Oktober 1996 sebagai anak pertama dari dua bersaudara oleh pasangan suami istri, Sukadi dan Nur Kholifah. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai TK Salafiyah Surabaya, Sekolah Dasar (SD) di SDN Kebonagung I Lamongan (2005-2010), SMP Negeri 2 Babat (2010-2012), MA Negeri Babat (2012-2014). Setelah lulus SMA, penulis mendaftar ke Departemen Statistika Bisnis ITS melalui

seleksi masuk diploma regular ITS angkatan 2014 dan tercatat dengan NRP 1314030071 serta menjadi bagian keluarga PIONEER. Pada tahun pertama dan kedua penulis bergabung dalam member & staff Klub Keilmiahan ITS, Pengajar Tangguh 2 ITS Mengajar For Indonesia, Member UKM Penalaran ITS, dan beberapa panitia kegiatan. Pada ketiga, penulis mengembangkan minatnya dalam bidang mengajar dengan menjadi asisten dosen pada mata kuliah *Metode Multivariat Terapan*, penulis pernah mendapatkan kesempatan pengalaman Kerja Praktek di Bea Cukai Kota Kediri. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* sheliafifah@gmail.com.